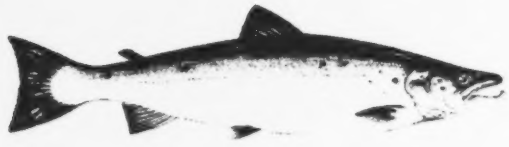


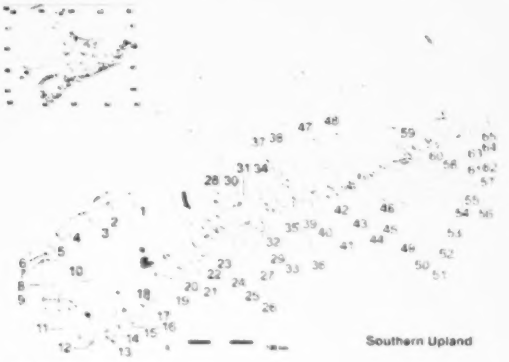
The Effects of Acid Rain on Atlantic Salmon of the Southern Upland of Nova Scotia

Background

The Southern Upland is a coastal plain that extends the full length of the Atlantic coast of mainland Nova Scotia. The majority of the 65 rivers within the Southern Upland typically drain lowland areas of shallow soils and peat bogs underlain by granites and metamorphic rocks lacking in base minerals. Some metamorphic rocks contain metal sulphides (pyrites) that can acidify water. The water of these rivers is generally organic-acid stained, easily acidified, and when combined with acid precipitation can become toxic to Atlantic salmon (Salmo salar L). Interspersed throughout the Southern Upland are pockets of limestone rich soils (drumlins) that provide local areas where river conditions are less acidified.

The salmon returning to Southern Upland rivers are about 80% one-sea-winter (1SW) salmon (also commonly called grilse or small salmon) and about 20% multi-sea-winter (MSW) or "large" salmon including two- and three-sea-winter fish and previous spawners. On average, 1SW fish contribute about 50% of the egg deposition. Virtually all salmon spend 30 or more months in fresh water before emigrating to sea as two- or three-year-old smolts. Salmon within the Southern Upland are important as a recreational species and are fished by Aboriginals for food, social and ceremonial purposes. Fisheries in the area are now limited to minimal or no harvest of grilse or small salmon (salmon ≤ 63 cm in fork length). Fisheries for large salmon have been closed since 1985. The Atlantic salmon is viewed by many as a "barometer" species for environmental health of freshwater rivers and streams.

Acid rain has had a major destructive impact in many of Canada's lakes and rivers. Nova Scotia is the most heavily impacted province in Canada in terms of the proportion of fish habitat that has been damaged by acid rain. The Southern Upland is the main area impacted.



Index of rivers:

1	Nictaux	24	Martins*	47	West (Sh Hbr)*
2	Round Hill	25	Gold*	48	East (Sh Hbr)*
3	Bear	26	Middle*	49	Kirby*
4	Sissiboo	27	East (Chester)*	50	Salmon (P.D.)*
5	Belliveau	28	Little East	51	Quoddy*
6	Boudreau	29	Ingram*	52	Moser*
7	Meteghan	30	Indian	53	Smith*
8	Salmon (Digby)*	31	East	54	Ecum Secum*
9	Annis	32	Nine Mile*	55	Liscomb*
10	Tusket*	33	Pennant	56	Gaspereau Br*
11	Argyle	34	Sackville*	57	Gegogan*
12	Barrington*	35	Salmon (L Major)*	58	St Marys*
13	Clyde*	36	Salmon (L Echo)*	59	Indian Harbour Lakes
14	Roseway*	37	West Br Porters*	60	Indian*
15	Jordan*	38	East Br Porters*	61	Country Harbour*
16	East	39	Chezzetcook*	62	Issacs Harbour*
17	Sable*	40	Musquodoboit*	63	New Harbour*
18	Tidney	41	Salmon (Hfx)*	64	Larrys*
19	Mersey	42	Ship Harbour*	65	Cole Harbour*
20	Medway*	43	Tangier*		
21	Petite*	44	E Taylor Bay*		
22	Lahave*	45	W Taylor Bay*		
23	Mushamush*	46	Little West		

* One of the 47 rivers used in the impact analysis

Summary

- Natural reproducing Atlantic salmon are no longer present in many of the 65 rivers which have their source in the Southern Upland of Nova Scotia and are at reduced levels in all other rivers in the area. Except on four rivers which are entirely dependent on hatchery stocking, all salmon fisheries on these rivers (Aboriginal and recreational) have been severely limited in the last three years.

- The principal factors responsible for low salmon abundance are acid toxicity due

to acid rain and low marine survival. Because of acid rain, salmon reproduction is no longer possible in several of the rivers and impeded to varying degrees in most others. Low marine survival is compounding the effects of freshwater acidification.

- Significant reductions in acid toxicity for salmon are not anticipated in the near future. Further declines in salmon production and losses of salmon stocks are expected unless marine survival improves significantly.

- Management options to protect remaining salmon stocks include:

- liming to neutralize river acidity and restore some habitat production capacity;
- stocking of hatchery-reared fish to increase salmon returns;
- live gene banking to preserve stocks and support future restoration; and
- restricting exploitation.

- Principal recommendations are to:

- support Canada's position to negotiate a further 75% reduction in SO_2 emission limits in eastern Canada and the United States to facilitate recovery of Southern Upland salmon; and

- develop a recovery plan for Southern Upland salmon to prevent further loss of stocks and hasten their recovery.

Introduction

Historically, the Southern Upland was estimated to have produced about 45,000 adult salmon per year. That number was reduced to 22,700 by 1986. The 50% loss was attributed to acidification of the rivers. In 1996, the total return to the Atlantic coast is estimated to have been 10,500 salmon (8,700 to 13,700, 5th and 95th percentiles). This further decline occurred in spite of closure of essentially all impacting marine salmon fisheries between 1983 and 1992. Since 1996, the numbers of salmon have decreased further and recreational and Aboriginal fisheries have been reduced or closed.

Concern now exists as to the viability of the salmon stocks of the Southern Upland of Nova Scotia. Most of the rivers in this area are sensitive to acidification and acid rain. Highly acidified rivers no longer have natural reproducing populations of salmon. Partially acidified rivers have experienced a loss in salmon production capacity. Coincidentally, most North American salmon, including those of the Southern Upland, are experiencing low marine survival. Collectively these factors have led to concern that many of the remaining runs of salmon to Southern Upland rivers may no longer be self-sustaining. Accordingly, a peer review was held to:

1. Assess the effects of acid rain and reduced marine survival on Atlantic salmon stocks of the Southern Upland of Nova Scotia;
2. Provide a prognosis for the salmon production capacity of individual rivers impacted by acidification; and
3. Recommend measures to save and enhance the recovery of the remaining salmon and their habitat.

Salmon of the Southern Upland

Habitat

The salmon production area for 47 of the Southern Upland rivers is estimated to be 84.8 million m^2. Twenty-nine percent of the salmon habitat area has stream gradients less than 0.12% which is considered marginal for

the production of juvenile Atlantic salmon. Only 16% of the salmon habitat is in the gradient category of 0.5 to 1.49% which is considered to be prime for juvenile Atlantic salmon production. Unsurveyed rivers offer very little additional salmon production capacity because they are either very small or have impassable waterfalls or dams and reservoirs.

Hydroelectric dams and water storage reservoirs on the Tusket, Roseway, Jordan, Mersey, Medway, Indian and East rivers have significantly reduced the salmon-production capacity of the Southern Upland. However, all facilities were in place by the 1950s, i.e., prior to the recent decline in salmon returns.

Stock Abundance

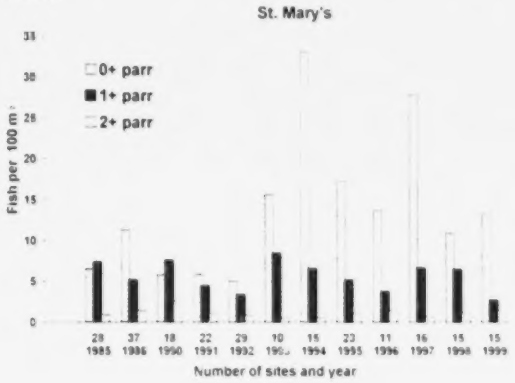
Conservation requirements have been assigned for two important low-acidity rivers, the St. Mary's and the LaHave. These requirements are 7.4 million eggs or the equivalent of 3,155 fish for the entire St. Mary's River and 1.9 million eggs, equivalent to 1,320 fish, for the LaHave River above Morgans Falls.

The estimated escapement to the West River, St. Mary's, in 1999 was 390 fish (256–915). Based on the proportion of habitat sampled, total escapement to the St. Mary's River in 1999 was estimated to be 700 fish or 22% of the fish conservation requirement and 30% of the egg requirement. Egg depositions have been considerably below the river's conservation requirement in each of the last three years.

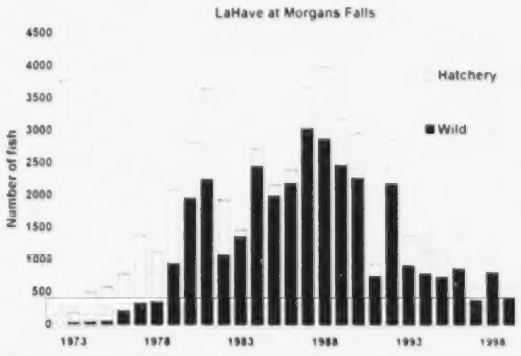
Salmon escapement estimate – St. Mary's River

Year	Small	Large	% egg requirement
1995	2,038	437	92
1996	1,535	590	93
1997	709	110	28
1998	1,926	74	55
1999	559	150	30

Age-1+ and age-2+ parr densities remain low while age-0+ parr (fry) are higher since 1993.



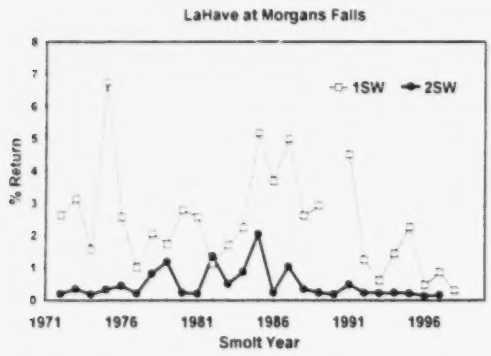
On the LaHave River at the Morgans Falls fishway, counts in 1999 were only 585 fish, which indicated a return of 48% of the fish conservation requirement and 68% of the egg requirement. After broodstock removals, egg deposition was 55% of the requirement. Hatchery fish contributed 33% of the potential egg deposition.



The return of salmon in 1999 was the seventh consecutive year that egg deposition

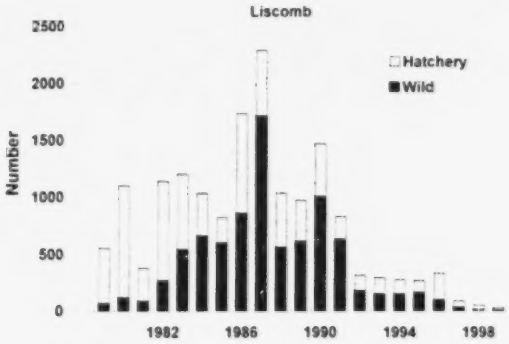
above Morgans Falls has been less than the conservation requirement.

The return rate of hatchery smolts to Morgans Falls, LaHave River has declined since 1984. Return rate of 1998 hatchery smolts as 1SW fish in 1999 decreased to 0.3% from 0.9% the previous year, the lowest in the time series. Returns of 2SW hatchery salmon in 1999 (1997 smolt class) remained below 0.2%.



The status of all low-acidified rivers in the Southern Upland, which are still capable of producing wild Atlantic salmon, is expected to be similar or worse than the St. Mary's and LaHave rivers. Dissimilarities in the status of salmon stocks among rivers may be attributed to the levels of acidification and to supplementation with hatchery-produced smolts.

No conservation requirements have been developed for partially-acidified rivers such as the Liscomb. Returns to the Liscomb River fishway numbered only 25 fish in 1999. Wild salmon have almost disappeared and survival of hatchery-origin salmon has declined severely.



Some rivers can no longer support the production of salmon because of inadequate fish passage, flooding of habitat and acidification. Conservation requirements for salmon in these rivers have also not been addressed. The East River Sheet Harbour, Clyde and Jordan rivers (14% of the measured potential salmon production habitat in the Southern Upland) and Mersey River (habitat potential unknown) receive hatchery smolts for harvest fisheries.

Stock Integrity

Recent molecular genetic surveys of stocks in 10 rivers (Medway, Petite, LaHave, Mushamush, Martin's, Gold, East River St. Mary's, West River St. Mary's, Isaac's Hbr, and Country Hbr.) of the Southern Upland indicated that these stocks were significantly different from stocks of the Bay of Fundy and Newfoundland. Survey results also indicated evidence of significant population structure within each of the 10 rivers, although these conclusions may be biased by samples from a single year and an unknown number of age classes.

Possible discreteness among stocks of the Southern Upland exists in spite of the stocking of 24 of the 65 rivers with hatchery-produced smolts and juveniles since 1976. Broodstocks were from Southern Upland rivers but only four of the 24 rivers stocked received hatchery products solely of native origin.

Currently, approximately 300,000 smolts and about an equal number of fall parr are released in Southern Upland rivers. Stocked fish contribute to 25-100% of adult returns, depending upon the level of stocking and the capacity of the river to naturally produce salmon.

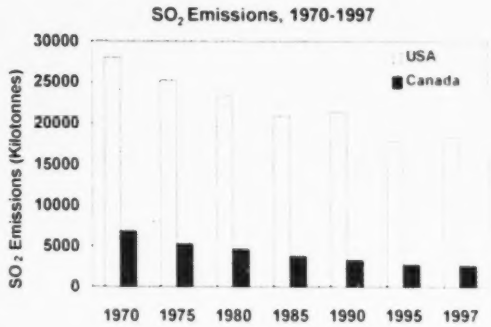
Prior to the early 1970s, hatcheries generally used broodstock from rivers distant to those in which the progeny were stocked and released early life stages in the presence of natural juvenile populations. Assessments in the late 1960s and early 1970s determined both practices to be ineffective in building populations in these rivers. This was evidenced by the low presence or absence of hatchery returns to stocked rivers, and more recently, by the genetic discreteness of remaining stocks.

Acid Rain Effects

Emissions and Deposition

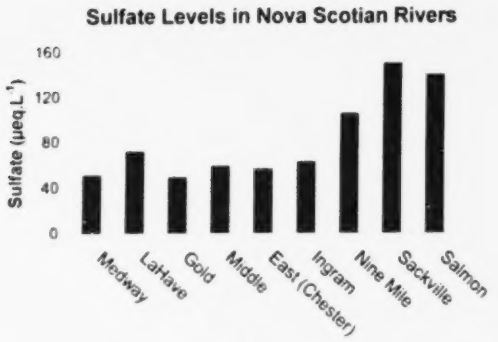
Sulfur-dioxide (SO_2) emissions (from metal smelting, coal-fired electrical utilities) and nitrous oxide (NO_x) emissions (combustion) are the principal acidifying pollutants. They are transported over long distances (hundreds or thousands of kilometers) and fall as acids in the precipitation. In Nova Scotia the principal acidifying agent in the precipitation is sulfate.

North American emissions of SO_2 increased during the industrial revolution. They peaked in the early 1970s. Reductions in emissions were implemented as a result of concerns about effects on human health and the environment.

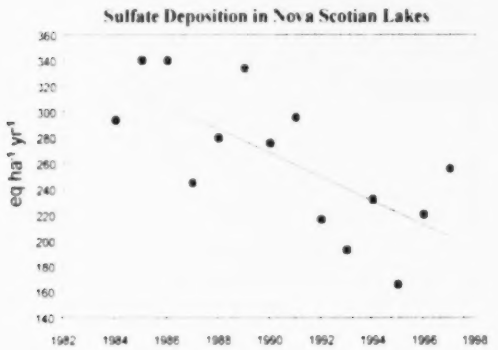


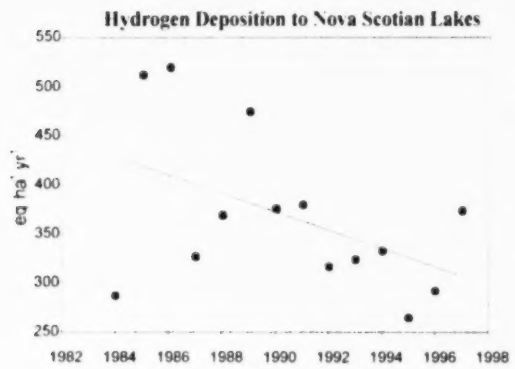
Regular measurements of deposition are made by Environment Canada at the Kejimkujik National Park monitoring station. These measurements are representative of wet sulfate deposition in relatively "clean areas" of southern Nova Scotia, i.e., at least 50 km away from important local sources of SO_2 emissions. Approximately 60% of the wet sulfate deposition at this site is from human activities in North America; the remaining 40% is background concentration. Of the 60% anthropogenic component, roughly 75% is from United States sources; 25% is from Canadian sources.

Measures of sulfate in Nova Scotian rivers show that total deposition (i.e., wet and dry) is enhanced by local sources of SO_2. For instance, the Halifax industrial area is a significant local source. This is depicted by the higher mean sulfate concentrations, 1982-1986, in the Nine Mile, Sackville and Salmon rivers that are adjacent to the Halifax metropolitan area.



The reduction in emissions is correspondingly reflected in both wet sulfate depositions and hydrogen ion concentrations monitored at the Kejimkujik National Park monitoring station. Anthropogenic sulfate deposition has decreased about one third since the mid-1980s. This has caused a large decrease in the deposition of acidifying substances to the Nova Scotia environment.





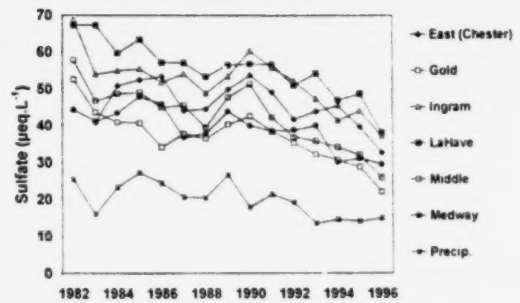
The decrease in sulfate deposition has also caused a clear, measurable decrease in lake sulfate. Of the 64 Nova Scotian lakes distributed throughout the mainland and Cape Breton Island in Environment Canada's monitoring network, 54 show measurable decreases in sulfate over the present decade. Unfortunately the reduction in atmospheric hydrogen (H^+) deposition has not resulted in a substantial decrease in lake acidity, as only two of the lakes have shown reductions in acidity. Furthermore, reduction in acid deposition is not reflected in the acid neutralization capacity (ANC), as six sites show a worsening, and only three sites show improvement. Moreover, 15 lakes show a decrease in acid neutralizing base cation (C_b) concentrations. Calcium, a major component of (C_b), is an important element in salmon survival.

Changes in acidification variables, 1989-1997

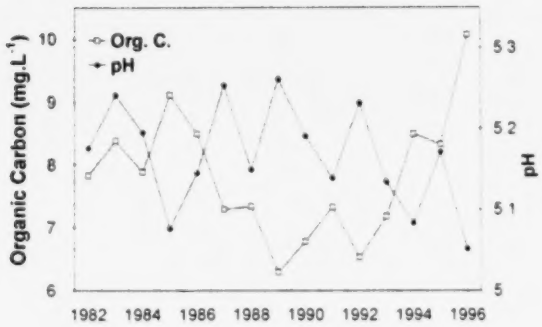
Variables	Up	Down	No change
SO_4^{-2}	0	54	10
H^+	9	2	53
ANC	3	6	55
C_b	1	15	48

Chemistry data from a monitoring program in six Southern Upland rivers from 1982-1996 also show a decline in sulfate. This decline in sulfate did not result in increased pH, but instead pH declined from 1992-1996. A significant negative correlation between pH and dissolved organic carbon is interpreted as being indicative of a causal relationship.

Sulfate Levels



pH and Organic Carbon Levels



There are a number of possible reasons for the lack of consistency between the decline in sulfate and pH in both lake and stream chemistry. The first is the importance of natural organic acids. These are produced by wetlands and can both acidify waters and simultaneously reduce the rates of acidification from man-made acids, i.e., they are natural buffers. Because of this role, organic acids can delay the recovery of pH.

The second reason is that the basins in the Southern Upland have soils and bedrocks which have low amounts of buffering minerals. The soils in these basins have probably been depleted of readily available buffering minerals. This means that reductions in acid deposition cannot be easily reflected in improvements in ANC or in calcium, as there are little of these readily available in the exposed soils.

Toxicity Effects on Atlantic Salmon

Acidic rivers in Nova Scotia have low concentrations of Ca^{++} (≤ 1 mg. L^{-1}) and high concentrations of dissolved organic carbon (5-30 mg. L^{-1}) and total dissolved aluminum (100-350 µg. L^{-1}). Dissolved organic matter, which is reflected by measurements of total dissolved organic carbon (DOC), is important because of its ability to chelate or bind to ionic forms of aluminum and form organic aluminum complexes. Organic aluminum is the dominant form of aluminum in Nova Scotian rivers (mean 88%) and inorganic aluminum concentrations are usually <50 µg. L^{-1}. It is the inorganic form of aluminum which can be toxic to fish. It has been demonstrated that aluminum is not responsible for the mortality of salmon associated with the acidification of rivers in Nova Scotia. Increased H^{+} ion concentrations coupled with the low concentrations of Ca^{++} are responsible for the mortality of salmon in acidified rivers of Nova Scotia.

The primary site of ionic regulation in fish is the gill epithelium. In fresh water, the osmotic gradient results in the passive diffusion of water into the blood and of ions out of the blood. Passive losses of ions are countered by active uptake of Na^{+} and Cl^{-} from the water to maintain a balanced state. When pH of Nova Scotian rivers is ≤ 5.0, active uptake of Na^{+} and Cl^{-} is reduced and passive efflux is increased resulting in a net loss of both ions. The increased passive efflux of ions results from the displacement of Ca^{++} from binding sites on the gill epithelium by H^{+}. The loss of ions results in a shift of water from the extracellular fluids (e.g., plasma) to the intracellular fluids (e.g., white muscle cells) causing a reduction in blood volume. In addition, red blood cells swell and additional cells are released from the spleen. The reduced blood volume and increased number and size of the red blood

cells causes a doubling of blood viscosity and arterial pressure, and death is a result of failure of the circulatory system.

Mortality due to exposure to low pH in fresh water varies with the life stage of salmon. All freshwater stages are unaffected when pH ≥5.4. Significant mortality (19-71%) of fry occurs at a pH of about 5.0. Mortality of smolts also occurs at a pH of 5.0 but the rate is lower (1-5%). Mortality of parr and smolts is relatively great (72-100%) when pH declines to the 4.6-4.7 range. Mortality of eggs and alevins does not begin until pH declines below 4.8. Levels of pH ≤5.0 have also been shown to interfere with the smolting process and seawater adaptation.

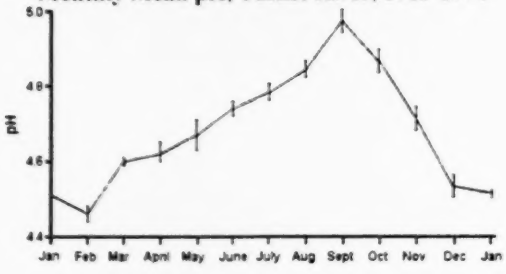
Experimental data indicate that mortality of the various Atlantic salmon life stages increases with increasing acidity of dark-colored low-calcium water found in Nova Scotia.

Stage	pH	Ca^{++} ($mg.L^{-1}$)	Mortality (%)
Egg	4.64	0.67	54.5
Egg	4.92	0.85	22.2
Alevin	4.50	3.0	30.0
Alevin	5.10	3.0	2.0 – 5.0
Alevin	5.00	0.70	5.0 – 8.5
Fry	5.00	0.68	18.9 – 70.8
Fry	5.40	1.00	4.6 – 4.9
Fry	6.11	1.68	4.0
Parr	4.60	1.02	100
Parr	4.70	0.83	100
Parr	5.00	0.79	0
Smolt	4.58	0.58	72.0
Smolt	5.00	0.58	1.3 – 5.3
Smolt	5.46	1.00	0

A general interpretation of these data is that eggs are the least sensitive stage to acidity in low calcium water. Alevin and parr stages are more sensitive and smolt and fry stages are the most sensitive stages.

Regular within-year variation in river water pH exists as illustrated by the means and standard deviations from 10 years of monthly data for the main stem of the Tusket River. The pH is low in cold weather months, rises from spring to autumn, then plunges down again to low winter values. Such variation is largely related to discharge, with pH being high and corresponding acid toxicity being lowest during the summer when flows are generally reduced.

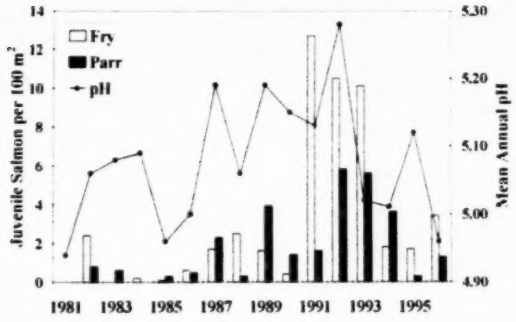
Monthly Mean pH, Tusket River, 1965-1974



Effects on Local Salmon Populations

Changing juvenile densities in five electrofishing sites within the Middle, Ingram and Salmon (L. Echo) rivers with mean pH verging on acute toxicity (pH 5.0-5.4) for Atlantic salmon, confirm a significant relationship between pH and juvenile salmon densities.

pH and Juvenile Densities



Rivers have been categorized according to their pH. At mean annual pH below 5.1 salmon production is considered unstable and only remnant populations may persist. Based on pH measurements taken during the early 1980s, 34 (54%) of the 65 rivers in the Southern Upland fall below 5.1. Fourteen of these have mean annual pH <4.7 (category 1), are considered to be acidified, and are known to have lost their salmon populations. Twenty rivers have mean annual pHs of 4.7-5.0 (category 2), are partially impacted by acidification, and some may yet have remnant populations of salmon.

Rivers with pH 5.1-5.4 (category 3) continue to have conditions in which salmon should be able to reproduce naturally but at reduced levels. These rivers generally have tributaries or sections in which pH is low enough to prevent natural reproduction. Salmon reproduction is not inhibited by acidity in rivers with mean annual pH >5.4 (category 4).

Rivers Categorized by the Mean pH observed in the early 1980s

Category 1 < 4.7	Category 2 4.7 - 5.1	Category 3 5.1 - 5.4	Category 4 > 5.4
Argyle	* Bear	Annis	Bellivcau
Barrington	Cole Harbour	Chezzetcook	Boudreau
Broad	East (Chester)	Gaspereau Bk	Gegogan
Clyde	East (Sheet Hbr)	Gold	Country Hbr
Indian, Guys. Co	East (St. Margarets)	Kirby	Lcum Secum
Jordan	*Indian (Halifax Co)	LaHave	* Meteghan
Larrys	Ingram	Medway	Indian Hbr
Nine Mile	Isaacs Harbour	Moser	Mushamush
Patterson	Liscomb	New Harbour	Musquodoboit
Pennant	Little East	Round Hill	Petite
Roseway	Martins	Sackville	Quoddy
Sable	* Mersey	Salmon (Digby)	Ship Harbour
Tidney	Middle	Salmon (Jeddore)	St. Mary's
East, Shelb. Co	* Nictaux	Salmon (Dufferin)	
	Salmon (L. Echo)	Taylor Bay Bk	
	Salmon (L. Major)	Secum Teuch	
	* Sissiboo		
	Tangier		
	Tusket		
	West (Sheet Harbour)		

* Salmon habitat is unavailable due to impassable dams or falls

Most recent measurements indicate that pH toxicity in Southern Upland rivers has not improved and may even have deteriorated, particularly in certain rivers with mean annual pHs bordering 5.0 (e.g. Middle, Ingram, Salmon (L. Echo), and Liscomb).

Expectations for current population presence for 47 rivers of the Southern Upland were based on modeling of optimum use of parr habitat, pH, and marine survival. Modeling took into consideration elements of gradient-quantified stream habitat, mean annual pH, survival rates between various freshwater life stages, density dependent size, and a critical length at which parr transformed to smolts. Determinations for adult recruitment were based on projections with 5 and 10% marine survival values.

Results of the modeling exercise suggested that 55% of salmon stocks in the Southern Upland rivers are already extirpated, a further 36% are at risk of extirpation

(produce less than three recruits per spawning fish), and that only 8% of the rivers are capable of sustaining salmon populations at 10% marine survival (Table 1 at end of document).

Twenty-nine of the 47 rivers had electrofishing information available since 1986. Of these, 17 had juvenile Atlantic salmon present, 12 were void of juvenile salmon. Of the remaining 38 rivers not surveyed, some continue to have self-sustaining populations of wild salmon as indicated by angling catches in the absence of stocking. Based on pH conditions, some others might also have remnant populations.

The Tusket, Middle, Ingram, Sackville, and Salmon (L. Echo) rivers, and West River Sheet Harbour were classified as extirpated by the model but yielded juvenile salmon to electrofishing. Such inconsistencies are likely the result of using main river pH in the model. Main river pH does not detect areas that may be non-toxic for salmon. For example, the Carleton River, a tributary of the Tusket River, is known to have much higher pH than the East Branch of the Tusket. Similarly, it has been documented that both West River Sheet Harbour and Salmon River (L. Echo) have tributaries with higher pH. As well the Sackville River has significant numbers of hatchery returns contributing to the spawning escapement.

Expectations based on 5% marine survival were that 85% of the 47 stocks in surveyed rivers of the Southern Upland either are or will be extirpated (Table 1). Even this expectation may be optimistic considering that wild smolt returns to the LaHave River have been less than 5% for the past three years. This analysis suggests that if low marine survival persists, additional partially-acidified rivers can be expected to lose their salmon populations.

Other Effects

Hydrological Conditions

Based on precipitation records at Halifax Airport, 1961-1998, there was no significant trend in annual rainfall, although the 1990s experienced the lowest decadal precipitation of the time series (8% lower than the long-term average). Similarly, no significant time trends were detected in mean annual discharge for the LaHave or St. Mary's rivers over the period 1916-1998. Annual discharges in the 1990s for both rivers were however lower than those of the 1970s, but not unlike those of earlier decades. No significant time trends in seasonal means (winter, spring, summer and fall) are evident for either river. Low flow events have been more frequent in the 1990s, but were less severe than in the past, especially for the LaHave River.

Air temperatures at Halifax Airport, 1961-1998, were analysed as a proxy for Southern Upland water temperatures. No trend was detected in the mean annual air temperature. However, on a seasonal basis, significant positive linear trends were detected in the spring ($p<0.005$) and summer ($p<0.04$). Increases in spring mean air temperatures were 0.4°C per decade; summer air temperatures increased 0.2 °C per decade.

Hydrological conditions do not appear to have deteriorated significantly and hence are unlikely to be a major factor in the current decline in salmon returns to Southern Upland rivers. More low flow events and warmer spring and summer temperatures during the 1990s should not, however, be ignored as contributors of added stress to the area's wild salmon.

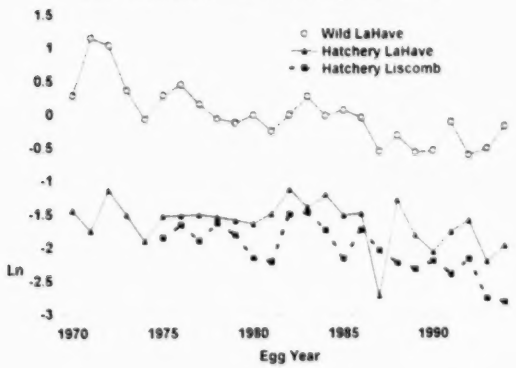
Marine Survival

Declining survival of smolts in the marine environment has been suggested as an explanation for the general decline in recruitment of North American salmon. Wild smolt survival rates in excess of 10% were recorded for the LaHave River during the late 1950s, but are now less than 5%.

Despite almost complete closure of distant interceptory and local marine salmon fisheries, survival of wild smolts throughout North America has declined. Since 1987 survival declined from a range of 6-15% for Newfoundland rivers and an estimated 8-10% for Maritime rivers, to a range of 1-8% for both areas.

The decline in recruitment of wild salmon is paralleled by the decline in marine survival of hatchery smolts. This is evident in plots of natural log (Ln) recruits per spawner (R/S) for wild Atlantic salmon above Morgans Falls, 1970 to 1994. The Ln (proportion survival) of hatchery smolts stocked above Morgans Falls on the LaHave River and Liscomb River, 1975 to 1994, shows a similar trend to the wild salmon recruitment index.

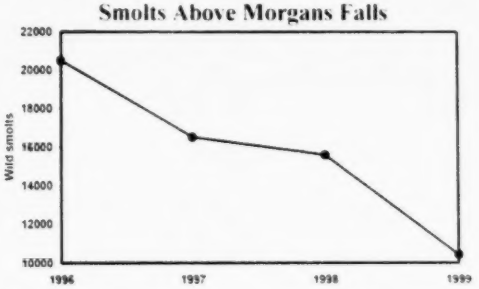
Survival trends – hatchery and wild



Freshwater Survival

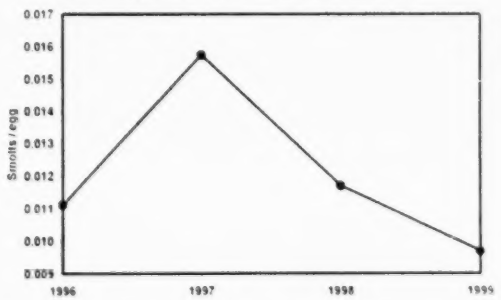
The decline in spawning escapement has been followed by a decline in the production of smolts from above Morgans Falls, LaHave River. A similar decline in smolt production is assumed to be occurring in all rivers that are still producing salmon in the Southern Upland.

Smolts Above Morgans Falls



Egg-to-smolt survival of 1.0-1.6%, above Morgans Falls in the 1990s is within the range of values [albeit lower end] reported between 1962 and 1998 for rivers in Maine, Atlantic Canada and Ireland. This suggests that the decline in smolt production is not the result of a decline in survival of eggs to smolts.

Smolts per Egg Above Morgans Falls



Because egg-to-smolt survival in the LaHave River, a low-acidified river, is consistent with values from outside the Southern Upland, it is unlikely that factors other than acid rain and marine survival have had major effects on recent reductions in Southern Upland salmon production.

Prognosis for Recovery

Habitat

No significant reduction in acidification of rivers in the Southern Upland is anticipated in the near future. Recovery of water acidity, as well as calcium, will be slow as deposition is reduced. In many rivers slow recovery is expected because of the effect that natural organic acids have in buffering changes in acidity and because of the low levels of buffering minerals in the soils and bedrock. Return to pre-acidification pH will be dependent upon further significant reductions in emissions and is expected to take several decades.

Salmon Production

Low- or non-acidified rivers (pH>5.1)

Analysis based on modeling of optimum use of parr habitat, pH and marine survival indicates that persistence of salmon in the Southern Upland rivers will be as dependent on the trend of marine survival as it is on pH. Smolt production above Morgans Falls, 1996-1999, averaged 15.1 smolts per spawner (range: 9.0-17.8). A production of 17.8 smolts per spawner requires a 5.6% smolt-to-adult survival rate for replacement of the population. Higher survival is required for a population increase.

The measured smolt to recruit survival at Morgan Falls was 1.7% for the 1996 smolt class and 4.8% for the 1997 smolt class. Both of these values are below the population replacement point for the LaHave River. Based on this index, low- or non-acidified rivers similar to the LaHave River with productivity less than 20 smolts per spawning salmon are likely to be subject to population declines. Most and possibly all rivers of the Southern Upland are below this productivity level. However, analysis also indicated that such rivers, numbering perhaps seven, are not likely to lose their population of salmon completely.

Partially-acidified rivers (pH 4.7-5.1)

The loss in productivity associated with pH toxicity effects in partially-acidified rivers has increased their vulnerability to population extirpation. Analyses indicate that wild salmon production will be lost from most or all 21 rivers in this category if marine survival remains below 6% and/or pH does not improve. One exception to this may be the Tusket River because of its Carleton River tributary which is generally not acidic.

Acidified rivers (pH<4.7)

Rivers in this category are not expected to support Atlantic salmon production until significant improvements in pH are realized.

Management Options

Reduced Emissions

The "Canada-Wide Acid Rain Strategy for Post-2000" was approved in October 1998, by 26 federal, provincial and territorial ministers of environment and of energy. Commitments in the Strategy will result in reduced sulfate deposition in Nova Scotia. These include aggressive pursuit of SO_2 emissions reductions in key areas of the USA and establishment of targets and schedules for further SO_2 emission reductions in Ontario, Quebec, New Brunswick and Nova Scotia.

Analyses of the effectiveness of Canadian and American SO_2 control programs was reported in the "1990 Canadian Long-Range Transport of Air Pollutants and Acid Deposition Assessment Report". Major

improvements were predicted in lake chemistry and biota for Ontario and Quebec; little improvement was predicted in aquatic conditions in the sensitive areas of New Brunswick, Nova Scotia and southern Newfoundland. The 1990 assessment produced the first map of critical load values for wet sulfate deposition, designed to maintain at least 95% of lakes in the region at pH ≥6.0.

An assessment in 1997 concluded that present control programs do not go far enough to protect many sensitive ecosystems, especially in eastern Canada (i.e., Manitoba eastward). Even with full implementation of the USA program by 2010, sensitive ecosystems in almost 800,000 km^2 in southeastern Canada will continue to receive harmful levels of acid deposition, i.e., above the environmental threshold or "critical loads". A further 75% reduction in SO_2 emissions from southeastern Canada and the northeast and mid-west USA will be required to reduce depositions to below critical loads for wet sulfate and to achieve fish habitat recovery.

Eastern Canadian Provinces and New England Governors adopted a workplan in June 1998 that called for further national emissions reductions of 50% of sulfur dioxide and 20-30% of nitrogen oxides beyond current commitments. Québec has already committed, as a first step, to reducing its emissions to 40% below its current SO_2 cap by the year 2002.

Liming Acidified Waters

Freshwater habitat can be protected from acidification by adding alkaline substances to the water. The usual neutralising substance is limestone, which consists mostly of calcium carbonate (calcite), and magnesium carbonate (dolomite) with some impurities. Other compounds are available but are less economical and, sometimes, dangerous to health. Effective treatment requires a release of lime proportional to the discharge and acidity of the water that is to be neutralised. Usually, lime has been spread onto the surface of a lake or introduced into a stream from stationary "lime dosers" of various patterns.

Many neutralising substances are compounds of calcium and so liming of waters will also increase their calcium concentrations. Calcium increases the acid tolerance of fish and so liming of acid waters with calcium compounds may confer an additional benefit apart from any effects liming may have on the water's pH. Concentrations of dissolved metals usually fall after the pH has been adjusted by liming. Potential liming compounds differ in theoretical neutralising capacities, solubility in water, ease and safety of handling and cost.

All liming projects in Nova Scotia require a Stream Alteration Permit from the Nova Scotia Department of the Environment. Liming projects that are carried out or funded by the Federal Government are also subject to the Canadian Environmental Assessment Act.

Lake liming

Lakes can be limed to protect salmon habitat in the rivers downstream. Methods of application must be adapted to site and specific conditions. A portion (40-70%) of the limestone settles on the bottom and takes little part in the neutralisation of the lake. Particle size controls the dissolution efficiency and the lime used for lake liming should be the most finely ground available to maximize dissolution. Slurrying the lime before spreading also reduces losses to the sediments.

Winter temperature stratification in lakes can reduce the effectiveness of lake liming. Acid surface runoff enters the lake at 0°C in the winter and forms a shallow layer of highly acidic water at the lake surface. The limed water underlying this surface layer contributes little to the lake's discharge and the water that leaves the lake's outlet may be almost unaltered acid rain. Liming the ice in the winter can overcome this problem. Although winter liming is less efficient in the use of limestone, it is relatively cheap in other respects and treats the lake surface just before the spring runoff and fry swim up. Liming must be repeated at least annually in most Nova Scotia lakes owing to their short water retention times.

Limestone gravel bars

Limestone gravel in streams is effective at low flows but the effect falls markedly at higher flows. The mean pH of interstitial water in the limestone bars is higher than in the water column. This can reduce acidity-related mortalities during incubation and early fry stages but not after the fry swim up from the gravel. Limestone gravel loses effectiveness as the gravel is coated with hydroxide compounds. As well there may be erosion of the gravel from the bar over time. Large quantities of limestone gravel are required to prevent severe acidic episodes during periods of high flow and low temperature.

Revolving drums

Tumbling the limestone gravel in rotating cylinders abrades the gravel, and prevents coating and inactivation. A system has been tested that uses water power to rotate a metal drum that contains limestone gravel. Limestone aggregate is placed into a perforated metal cylinder that turns about the hub. This system does not need an external source of electrical power but there must be a hydraulic head equal to at least the diameter of the drum. Variations in flow can be compensated for by installing multiple drums that begin turning in succession as the flow increases.

Lime dosers (silos)

Lime dosers dispense powdered lime into running water from a vertical silo or other container. An automatic mechanism feeds the powder into the river at a controlled rate proportional to the flow.

Diversion wells

The diversion well is a simple liming device in which limestone chips are kept in motion in a cylinder by upwelling water. The agitation abrades the particles and prevents their surfaces from becoming coated with metal hydroxides. Multiple wells that operate at successively higher flows can compensate for variations in flow.

Hatchery Support

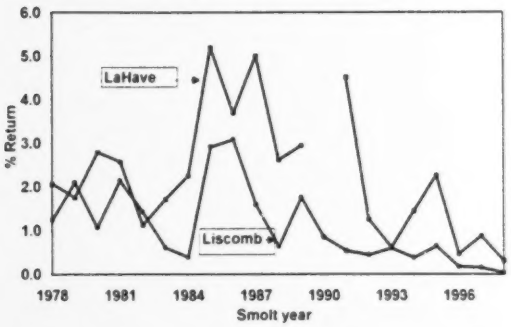
Hatchery-reared salmon can be used effectively to supplement or replace natural production. Options range from colonization of vacant habitat, mitigation for loss in habitat production at a specific stage to smolt stocking for support of fisheries.

Like natural production, the application of hatchery stocking is limited by acidification. The smolt stage is potentially the most effective stage because of the short time spent in fresh water after stocking. The stocking of pre-smolts in waters with pH <5.0 is generally not effective.

Of recent concern is the exceptionally low return rate experienced by smolts released into partially-acidified rivers, e.g., Liscomb, East River Sheet Harbour. Return rates for smolts released in these rivers also appear to

have declined more so than for smolts stocked in low acid-impacted rivers like the LaHave. Determination of the cause for the recent poor performance of hatchery smolts in partially acidified rivers is imperative if hatchery stocking is to be effective in these types of rivers in the future.

Hatchery 1SW Return Rates



Stocking headwater sections of rivers that have good pH conditions may not be effective if the resulting smolts are required to exit the river through a long mainstem corridor that is acidified. Alternatively, stocking low down in the system or in the estuary would reduce these effects, but the extent that returns penetrate the river may be reduced and the chance of returns straying to nearby rivers increased.

Where the stocking option is chosen, careful planning of the program is required to minimize the risks of harmful genetic effects on the wild stocks and to ensure effectiveness. The use of native stock is advocated.

Gene Banks

Gene banks offer supportive rearing and breeding to maintain increased genetic diversity of a species through periods of critically low population abundance, i.e., they offer the potential to preserve stocks which are at risk of being lost. There are at least three options for live gene banking, all of which could have application to Southern Upland salmon:

- Designate parts of rivers or entire rivers that still have natural reproducing populations as special refuges;
- Lime sections of acidified rivers to establish areas within rivers where remnant stocks could sustain themselves; and
- Establish captive broodstocks derived from the stock designated for protection.

Designation of existing habitat areas is the preferred option but will not always be feasible because residual salmon runs are too small and/or the freshwater habitat is limiting, possibly because of acidification. The use of wild parr to establish a captive broodstock is a proven method and probably offers greater potential for ensuring wide genetic diversity than eggs collected from adult salmon returns.

Harvest Controls

Fishery restrictions continue to be an effective means to limiting losses to exploitation.

Currently there are few or no opportunities to fish Atlantic salmon in the Southern Upland. Commercial salmon fisheries have been closed since 1984. Retention of incidental catches of salmon in other local marine fisheries has not been permitted since 1983. The recreational fishery has required mandatory release of salmon greater than 63 cm since 1985 and is restricted by season, daily and annual limits. Retention of grilse (≤63 cm) has been further restricted to specific enhancement rivers receiving hatchery stocking and to rivers where returns were expected to meet or exceed conservation requirements. Recreational hook-and-release fisheries have been closed when in-season assessments

indicated that conservation requirements were unlikely to be achieved.

Aboriginal fisheries are negotiated with First Nations for specific rivers and through general harvest management agreements with the Netukulimkewe'l Commission of the Native Council of Nova Scotia. In rivers with defined conservation requirements, Aboriginal fisheries have been subject to in-season assessments and management. Harvests have always been less than allocations.

Recommendations

Priority should be given to support Canada's position to negotiate a further 75% reduction in sulfate emission limits in eastern Canada and the United States to facilitate recovery of Southern Upland salmon.

Locally urgent is the requirement to develop a recovery plan for Southern Upland salmon both to prevent further loss of stocks and to hasten their recovery. Some of the main elements to be considered in that plan are:

- a survey to genetically characterize stocks and to confirm stock status.
- a water chemistry survey to confirm habitat production capacity;
- further research on the application of liming techniques and stocking practices as mitigative measures, and of pH mortality thresholds for salmon life stages; and
- management actions that prevent further extirpation of stocks and effect stock restoration.

For more Information

Contact: John Ritter
Dept. of Fisheries and Oceans
Maritimes Region
Science Branch
Bedford Institute of Oceanography
1 Challenger Drive
430 Polaris Building
Dartmouth, NS
B2Y 4A2
Tel: 902-426-3136
Fax: 902-426-6814
E-mail:
RitterJA@mar.dfo-mpo.gc.ca

References

Amiro, P.G. 2000. Assessment of the status, vulnerability and prognosis for Atlantic salmon stocks of the Southern Upland of Nova Scotia. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/062.

Amiro, P.G. and M.W. Jones. 2000. Genetic characterization of the Atlantic salmon stocks of the Southern Upland area of Nova Scotia. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/053.

Amiro, P.G., D.A. Longard and E.M. Jefferson. 2000. Assessments of Atlantic salmon stocks of Salmon Fishing Area 20 and 21, the Southern Upland of Nova Scotia, for 1999. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/009.

Anon. 1998. "The Canada-wide acid rain strategy for post-2000: Strategy and supporting document". Prepared by the Task Force of the Federal/Provincial/Territorial Ministers of Energy and Environment. 11p.

Anon. 1999. 1999 Annual progress report on "The Canada-wide acid rain strategy for post-

2000". Prepared by the Acid Rain Task Force of the Federal/Provincial/Territorial Ministers of Energy and Environment. 12p

Cassie, D. 2000. Precipitation, discharge and temperature variability in Atlantic salmon rivers in acid rain Southern Upland Area of Nova Scotia. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/054.

Clair, T.A., J.M. Ehrman, C-U. Ro. 2000. Freshwater chemistry acidification trends in sensitive Nova Scotia lakes: 1983-1997. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/055.

Cunjak, R.A., and J. Therrien. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Fish. Manage. Ecol. 5. 209-223.

DFO. 2000. Atlantic Salmon Maritime Provinces Overview for 1999. DFO Science Stock Status Report D3-14(2000).

Farmer, G.J. 2000. Effects of low environmental pH on Atlantic salmon in Nova Scotia. 2000. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/050.

Fenech, G. [Chair], J. Dupont, M. Hingston, R. Hughes, K.R. Foster, and P.K. Misra. 2000. A review of the acid rain science programs in Canada - a report prepared to meet the requirements of "The Canada-Wide Acid Rain Strategy for Post-2000". 54p.

Goff, T.R., L. Anderson, S. Ratelle, and D. Sutherland. 2000. A review of hatchery practices appropriate for mitigating Atlantic salmon losses in acid-impacted rivers. DFO Can. Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/056.

Watt, W. D. 1981. Present and potential effects of acid precipitation on the Atlantic salmon of eastern Canada. pp 39-45 *In* Acid rain and the Atlantic salmon. IASF Special Publication #10.

Watt, W.D., C.D. Scott, P.J. Zamora and W.J. White. 2000. Acid toxicity levels in Nova Scotian rivers have not declined in synchrony with the decline in sulfate levels. Water, Air, and Soil Pollution. 118: 203-229.

White, W. 2000. A review of the effectiveness and feasibility of alternate liming techniques to mitigate for acid rain effects in Nova Scotia. DFO Stock Assess Sec. Res. Doc. 2000/057.

This report is available from the:

Maritimes Provinces
Regional Advisory Process
Department of Fisheries and Oceans
P.O. Box 1006, Stn. B203
Dartmouth, Nova Scotia
Canada B2Y 4A2
Phone number: 902-426-7070
e-mail address: myrav@mar.dfo-mpo.gc.ca

La version française est disponible à l'adresse ci-dessus.

Correct citation for this publication

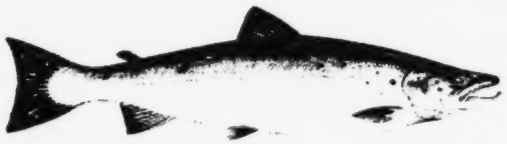
DFO. 2000. The Effects of Acid Rain on the Atlantic Salmon of the Southern Upland of Nova Scotia. DFO Maritimes Regional Habitat Status Report 2000/2E.

Table 1. Salmon rearing area, pH category, stocking history since 1986, recorded salmon catch in 1996, detected presence or absence of salmon since 1986, and prognosis of the status at 10% and 5% marine survival for rivers that drain the Southern Upland of Nova Scotia. pH categories are: 1 – pH < 4.7; 2 - pH 4.7-5.1; 3 - pH 5.1-5.4; and 4 - pH >5.4.

River number	River name	Salmon rearing area 100 m² units	pH category	Stocking history	Recreational catch, 1996		Presence of salmon since 1986	Prognosis	
					Small	Large		at 10% marine survival	at 5% marine survival
1	Nictaux		2	Native					
2	Round Hill		3	None					
3	Bear		2	Local					
4	Sissibo		2	None					
5	Beliveau		4	None					
6	Boudreau		4	None					
7	Meteghan		4	Local	12	5			
8	Salmon (Digby)	9.797	3	Local	94	44	Present	At risk	Extirpated
9	Annis		3	None					
10	Tusket	150.780	2	Local	133	55	Present	Extirpated	Extirpated
11	Argyle		1	None					
12	Barrington	8.877	1	None			Absent	Extirpated	Extirpated
13	Clyde	55.348	1	Local	46	14		Extirpated	Extirpated
14	Roseway	33.012	1	None			Absent	Extirpated	Extirpated
15	Jordan	29.206	1	Local	0	0	Absent	Extirpated	Extirpated
16	East		1	None					
17	Sable	9.198	1	None				Extirpated	Extirpated
18	Tidney		1	None					
19	Mersey		2	Local	5	0			
20	Medway	99.174	3	Local	490	88	Present	At risk	Extirpated
21	Petite	7.174	4	Local	126	16	Present	At risk	Extirpated
22	Lahave	75.046	3	Local	1.514	327	Present	At risk	At risk
23	Mushamush	2.743	4	Local	20	2		Sustained	At risk
24	Martins	8.334	2	Local				Extirpated	Extirpated
25	Gold	21.962	3	Native	188	71	Present	At risk	Extirpated
26	Middle	12.290	2	Local	14	0	Present	Extirpated	Extirpated
27	East (Chester)	4.598	2	None	1	2	Absent	Extirpated	Extirpated
28	Little East		2	None					
29	Ingram	5.701	2	Local	7	0	Present	Extirpated	Extirpated
30	Indian		2	None					
31	East		2	None					
32	Nine Mile	5.569	1	None				Extirpated	Extirpated
33	Pennent		1	None					
34	Sackville	6.772	3	Local	140	14	Present	Extirpated	Extirpated
35	Salmon (L Major)	750	2	None				Extirpated	Extirpated
36	Salmon (L Echo)	7.493	2	None			Present	Extirpated	Extirpated
37	West Bk Porters	1.185		None				Extirpated	Extirpated
38	East Bk Porters	2.394		None				Extirpated	Extirpated
39	Chezzetcook	1.757	3	None				At risk	Extirpated
40	Musquodoboit	23.125	4	Native	209	116	Present	Sustained	At risk
41	Salmon (Hfx)	2.834	2	None				At risk	Extirpated
42	Ship Harbour	20.518	4	None	1	0		At risk	At risk
43	Tangier	22.717	2	Local			Absent	Extirpated	Extirpated
44	E Taylor Bay	260	3	None				Extirpated	Extirpated
45	W Taylor Bay	1.300	3	None			Absent	Extirpated	Extirpated
46	Little West	4.087		None					
47	West (Sh Hbr)	20.079	2	Local	20	1	Present	Extirpated	Extirpated
48	East (Sh Hbr)	30.501	2	Local	34	0	Present	At risk	Extirpated
49	Kirby	1.604	3	None				At risk	Extirpated
50	Salmon (P D)	7.954	3	None			Present	At risk	Extirpated

Table 1 (continued). Salmon rearing area, pH category, stocking history since 1986, recorded salmon catch in 1996, detected presence or absence of salmon since 1986, and prognosis of the status at 10% and 5% marine survival for rivers that drain the Southern Upland of Nova Scotia. pH categories are: 1 – pH < 4.7; 2 - pH 4.7-5.1; 3 - pH 5.1-5.4; and 4 - pH >5.4.

River number	River name	Salmon rearing area 100 m^2 units	pH category	Stocking history	Recreational catch 1996		Presence of salmon since 1986	Prognosis	
					Small	Large		at 10% marine survival	at 5% marine survival
51	Quoddy	6,849	4	None				At risk	Extirpated
52	Moser	15,270	3	Local	35	0	Absent	At risk	Extirpated
53	Smith	1,055		None				At risk	At risk
54	Ecum Secum	9,894	4	None	27	5	Present	At risk	Extirpated
55	Liscomb	34,960	2	Local	1	0	Absent	Extirpated	Extirpated
56	Gaspereau Bk	2,826	3	None			Absent	At risk	Extirpated
57	Gegogan	382	4	None			Absent	At risk	Extirpated
58	St Marys	58,717	4	Native	596	177	Present	Sustained	At risk
59	Indian Harbour Lakes		4	None					
60	Indian	9,743	1	None	4	4		Extirpated	Extirpated
61	Country Harbour	3,457	4	None	4	5	Present	Sustained	At risk
62	Issacs Harbour	2,469	2	None	0	0	Absent	Extirpated	Extirpated
63	New Harbour	3,148	3	None	1	0	Absent	Extirpated	Extirpated
64	Larrys	2,632	1	None			Absent	Extirpated	Extirpated
65	Cole Harbour	2,730	2	None	0	0		Extirpated	Extirpated

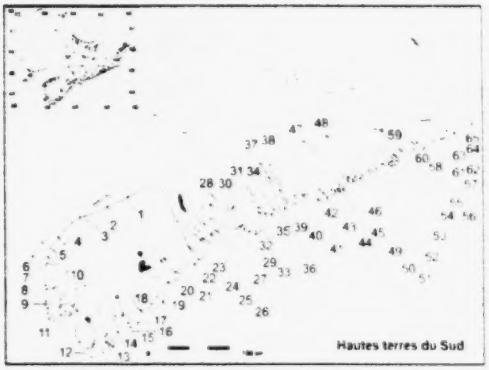


Effets des pluies acides sur le saumon atlantique des hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse

Renseignements de base

Les hautes terres du Sud forment une plaine côtière qui s'étend sur toute la longueur du littoral atlantique de la péninsule de la Nouvelle-Écosse. La majorité des 65 cours d'eau de ces hautes terres se déversent dans les régions des basses terres composées de sols minces et de tourbière reposant sur des roches métamorphiques dépourvues de minéraux basiques. Certaines roches métamorphiques contiennent des sulfures métalliques (pyrites) qui peuvent acidifier l'eau. L'eau des rivières, généralement colorée par des acides organiques, s'acidifie facilement et, à cause des précipitations acides, peut devenir toxique pour le saumon atlantique (Salmo salar L.). Intercalés dans les hautes terres du Sud se trouvent des poches de sols riches en calcaire (drumlins) qui constituent des zones où les cours d'eau sont moins acidifiés.

Dans les retours vers les cours d'eau des hautes terres du Sud, environ 80 % des saumons sont unibermarins (grilses ou madeleineaux), et 20 %, pluribermarins (grands saumons), constitués de dibermarins, de tribermarins et de géniteurs ayant déjà frayé. En moyenne, les poissons unibermarins contribuent dans une proportion d'environ 50 % à la ponte. Pratiquement tous les saumons passent 30 mois ou plus en eau douce avant d'émigrer en mer en tant que saumoneaux âgés de deux ou trois ans. Une espèce importante pour la pêche sportive, le saumon des hautes terres du Sud est aussi très prisé par les Autochtones qui les capturent à des fins alimentaires, sociales et cérémonielles. Dans cette région, la pêche est interdite, ou limitée, à des captures minimales de grilses (saumons ≤ 63 cm de longueur à la fourche). La pêche aux grands saumons est fermée depuis 1985. Pour beaucoup, le saumon atlantique constitue une espèce « baromètre » permettant d'évaluer la santé de l'habitat des fleuves et des rivières.



Index des cours d'eau :

1	Nictaux	24	Martins*	47	West (Sh Hbr)*
2	Round Hill	25	Gold*	48	East (Sh Hbr)*
3	Bear	26	Middle*	49	Kirby*
4	Sissibo	27	East (Chester)*	50	Salmon (P D)*
5	Bellveau	28	Little East	51	Quoddy*
6	Boudreau	29	Ingram*	52	Moser*
7	Meteghan	30	Indian	53	Smith*
8	Salmon (Digby)*	31	East	54	Ecum Secum*
9	Annis	32	Nine Mile*	55	Liscomb*
10	Tusket*	33	Pennant	56	Gaspereau Br*
11	Argyle	34	Sackville*	57	Gegogan*
12	Barrington*	35	Salmon (L Major)*	58	St Marys*
13	Clyde*	36	Salmon (L Echo)*	59	Indian Harbour Lakes
14	Roseway*	37	West Br Porters*	60	Indian*
15	Jordan*	38	East Br Porters*	61	Country Harbour*
16	East	39	Chezzetcook*	62	Issacs Harbour*
17	Sable*	40	Musquodoboit*	63	New Harbour*
18	Tidney	41	Salmon (Hfx)*	64	Larrys*
19	Mersey	42	Ship Harbour*	65	Cole Harbour*
20	Medway*	43	Tangier*		
21	Petite*	44	E Taylor Bay*		
22	LaHave*	45	W Taylor Bay*		
23	Mushamush*	46	Little West		

* L'un des 47 cours d'eau étudiés dans l'analyse des effets

Les pluies acides ont un impact destructeur dans de nombreux lacs et cours d'eau du Canada. La Nouvelle-Écosse est l'une des provinces les plus touchées du pays en termes de proportion de l'habitat du poisson endommagé par les pluies acides. La région des hautes terres du Sud est la principale région affectée.

Sommaire

- Les saumons atlantiques à reproduction naturelle n'existent plus dans beaucoup des 65 rivières qui prennent leur source dans les hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse et ne se trouvent plus qu'en petits nombres dans tous les autres cours d'eau de la région. À l'exception

de quatre cours d'eau qui dépendent entièrement de la reproduction en écloserie, toutes les pêches au saumon (pêches autochtone et sportive) sont sérieusement limitées depuis trois ans.

- Les principaux facteurs responsables de la faible abondance de saumons sont la toxicité acide causée par les pluies acides et la faible survie en mer. À cause des pluies acides, la reproduction des saumons n'est plus possible dans plusieurs des cours d'eau et est entravée à divers degrés dans la plupart des autres. La faible survie en mer s'ajoute aux effets de l'acidification des eaux douces.

- On ne prévoit pas de baisses importantes de la toxicité acide pour le saumon dans un proche avenir. On s'attend à d'autres déclins de production et à des disparitions de stocks, à moins que la survie en mer ne s'améliore de façon appréciable.

- Les options de gestion pour protéger les stocks restants sont :

- le chaulage pour neutraliser l'acidité des rivières et restaurer une certaine capacité de production de l'habitat;
- l'ensemencement en saumons d'écloserie pour augmenter les retours de saumons;
- le stockage de gènes à l'état vivant pour préserver les stocks et soutenir le repeuplement futur; et
- la réglementation de l'exploitation.

- Les principales recommandations sont :

- de soutenir les négociations du Canada visant à obtenir une réduction supplémentaire de 75 % des limites d'émission du SO_2 provenant de l'est du Canada et des États-Unis pour faciliter le rétablissement du saumon dans la région des hautes terres du Sud; et

- d'élaborer un plan de rétablissement du saumon des hautes terres du Sud pour prévenir les pertes et accélérer le rétablissement.

Introduction

Par le passé, on estimait la production de saumons adultes des hautes terres du Sud à environ 45 000 par année. Ce nombre a diminué à 22 700 en 1986. On a attribué cette perte de 50 % à l'acidification des cours d'eau. En 1996, la totalité des retours sur la côte atlantique était estimée à 10 500 saumons (8 700 à 13 700, 5^{e} et 95^{e} percentiles). Cette baisse supplémentaire s'est produite malgré la fermeture, entre 1983 et 1992, de presque toutes les pêches visant ces stocks de saumon en mer. Depuis 1996, le nombre de saumons continue de diminuer, et les pêches sportive et autochtone ont été réduites ou fermées.

On s'inquiète maintenant de la viabilité même des stocks de saumon des hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse. La plupart des cours d'eau de cette région sont touchés par l'acidification et les pluies acides. Les cours d'eau hautement acidifiés n'abritent plus de populations de saumons à reproduction naturelle. Les cours d'eau partiellement acidifiés, quant à eux, ont connu une perte de leur capacité de production. Il se trouve aussi que la plupart des saumons de l'Amérique du Nord, dont ceux des hautes terres du Sud, connaissent un faible taux de survie en mer. Collectivement, ces facteurs ont poussé les spécialistes à craindre qu'un bon nombre des remontes restantes de saumons dans les cours d'eau des hautes terres du Sud ne

soient plus viables. Par conséquent, on a organisé un examen par les pairs pour :

1. évaluer les effets des pluies acides et de la survie en mer réduite sur les stocks de saumon atlantique des hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse;
2. fournir un pronostic de la capacité de production de saumon de chaque cours d'eau affecté par l'acidification; et
3. recommander des mesures visant la sauvegarde et l'amélioration du rétablissement des saumons qui subsistent et de leur habitat.

Saumon des hautes terres du Sud

Habitat

La superficie de production du saumon de 47 des cours d'eau des hautes terres du Sud est estimée à 84.8 millions m^2. Vingt-neuf pour cent de la superficie de l'habitat du saumon présente des pentes de moins de 0.12 %, ce qui est marginal pour la production de saumon atlantique juvénile. Seulement 16 % de l'habitat du saumon se trouve dans la catégorie de pentes 0.5-1.49 %, considérée comme la meilleure pour la production de saumon atlantique juvénile. Les cours d'eau où il n'y a pas eu de relevés ne contribuent que faiblement à la capacité de production, car ils sont très petits ou présentent des chutes infranchissables, des barrages ou des réservoirs.

Les barrages hydroélectriques et les réservoirs des rivières Tusket, Roseway, Jordan, Mersey, Medway, Indian et East diminuent de façon significative la capacité de production de saumon dans les hautes terres du Sud. Toutefois, il faut noter que toutes ces installations étaient déjà en place dans les années 50, c'est-à-dire avant la récente baisse des retours de saumons.

Abondance des stocks

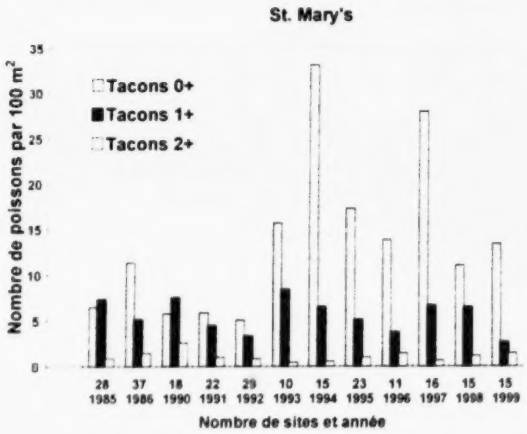
On a fixé des impératifs de conservation pour deux importantes rivières dont l'acidité est faible : la rivière St. Mary's et la rivière LaHave. Selon ces impératifs, il faut maintenir 7.4 millions d'œufs ou l'équivalent de 3 155 poissons dans toute la rivière St. Mary's, et 1.9 million d'œufs ou l'équivalent de 1 320 poissons dans la partie de la rivière LaHave qui est située en amont des chutes Morgans.

En 1999, on a estimé l'échappée dans la rivière West (rivière St. Mary's) à 390 poissons (256–915). Selon la proportion de l'habitat échantillonné, l'échappée totale dans la rivière St. Mary's, en 1999, était estimée à 700 poissons, ce qui correspond à 22 % des impératifs de conservation du saumon et à 30 % des impératifs de ponte. Ces trois dernières années, les pontes sont considérablement au-dessous des impératifs de conservation pour la rivière.

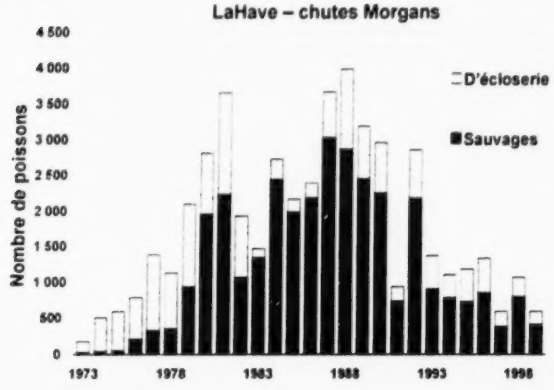
Estimation des échappées de saumons – rivière St. Mary's

Année	Grilses	Grands saumons	% des impératifs de ponte
1995	2 038	437	92
1996	1 535	590	93
1997	709	110	28
1998	1 926	74	55
1999	559	150	30

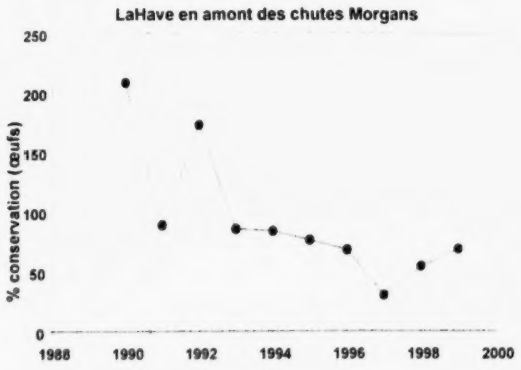
Les densités des tacons d'âges 1+ et 2+ demeurent faibles, alors que celles des tacons (alevins) d'âge 0+ ont augmenté depuis 1993.



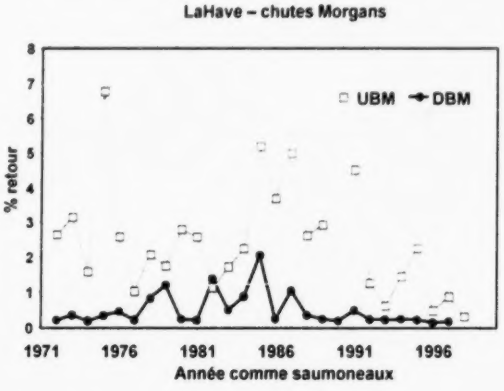
En 1999, dans la passe migratoire des chutes Morgans, sur la rivière LaHave, on a seulement dénombré 585 poissons, ce qui représente un retour correspondant à 48 % des impératifs de conservation et à 68 % des impératifs de ponte. Après les prélèvements de géniteurs, la ponte n'atteignait que 55 % des impératifs. Les poissons d'écloserie ont contribué à 33 % de la ponte potentielle.



En 1999, c'était la septième année consécutive que la ponte d'œufs en amont des chutes Morgans était inférieure aux impératifs de conservation.



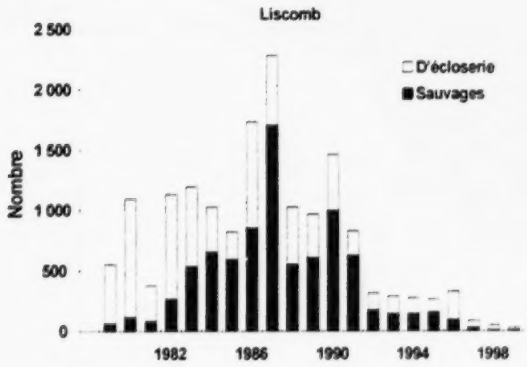
Le taux de retour des saumoneaux d'écloserie vers les chutes Morgans, sur la rivière LaHave, diminue depuis 1984. En 1999, le taux de retour des saumoneaux d'écloserie de 1998 qui ont passé un hiver en mer a baissé à 0,3 %, le plus faible taux de tous les temps, comparativement à 0,9 % l'année précédente. Le taux de retour des saumons d'écloserie ayant passé deux hivers en mer en 1999 (classe de saumoneaux 1997) est demeuré au-dessous de 0,2 %.



On prévoit que l'état de tous les cours d'eau faiblement acidifiés des hautes terres du Sud, encore capables de produire des saumons atlantiques sauvages, sera semblable ou pire que dans les rivières St. Mary's et LaHave. Les différences de l'état des stocks de saumon d'un cours d'eau à l'autre peuvent être attribuées aux degrés

d'acidification et à l'apport supplémentaire des saumoneaux d'écloserie.

On n'a fixé aucun impératif de conservation pour les cours d'eau partiellement acidifiés comme la rivière Liscomb. En 1999, on n'a dénombré que 25 poissons en remonte à la passe migratoire de la rivière Liscomb. Les saumons sauvages ont presque disparu, et la survie des saumons d'écloserie a gravement diminué.



Certains cours d'eau ne peuvent plus soutenir la production de saumon à cause des passes migratoires inadéquates, des inondations de l'habitat et de l'acidification. Les impératifs de conservation de ces cours d'eau n'ont pas encore été examinés. Les rivières East (Sheet Harbour), Clyde et Jordan (14 % de l'habitat potentiel évalué pour la production de saumons dans les hautes terres du Sud) ainsi que la rivière Mersey (l'habitat potentiel est inconnu) ont été ensemencées en saumoneaux d'écloserie pour soutenir la pêche.

Intégrité des stocks

Les récents relevés sur la génétique moléculaire des stocks de dix rivières (Medway, Petite, LaHave, Mushamush, Martin's, Gold, East [St. Mary's], West [St. Mary's], Isaac's Harbour et Country Harbour) des hautes terres du Sud indiquent que ces stocks présentaient des différences importantes avec ceux de la baie de Fundy et de Terre-Neuve. Les résultats des relevés ont également montré une structure particulière de la population au sein de chacune des dix rivières, bien que cette conclusion puisse être faussée par l'utilisation d'échantillons provenant d'une seule année et par le fait que le nombre de classes d'âge était inconnu.

Il est possible que les stocks des hautes terres du Sud gardent un caractère discret malgré l'ensemencement en saumoneaux et juvéniles d'écloserie de 24 des 65 rivières depuis 1976. Les géniteurs utilisés provenaient de cours d'eau des hautes terres du Sud, mais seuls quatre des 24 cours d'eau ensemencés ont reçu des poissons d'écloserie d'origine entièrement indigène.

Actuellement, environ 300 000 saumoneaux et un nombre égal de tacons d'automne sont libérés dans les cours d'eau des hautes terres du Sud. Les poissons déversés contribuent dans une proportion allant de 25 % à 100 % aux retours d'adultes, selon le degré d'ensemencement et la capacité de production naturelle de saumon du cours d'eau.

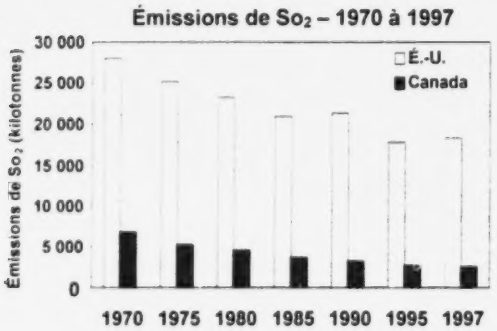
Avant le début des années 1970, les écloseries utilisaient généralement des géniteurs provenant de cours d'eau éloignés de ceux où leur progéniture était déversée, et libéraient les saumons à un stade précoce de leur vie parmi des populations naturelles de juvéniles. Des évaluations effectuées à la fin des années 1960 et au début des années 1970 ont déterminé que ces deux pratiques étaient inefficaces pour repeupler ces cours d'eau. Ce fait a été révélé par la faible présence ou l'absence de retours de saumons d'écloserie dans les rivières ensemencées et, plus récemment, confirmé par la séparation génétique des stocks restants.

Effets des pluies acides

Émissions et dépôts

Les émissions de dioxyde de soufre (SO_2) (causées par la fusion des métaux et les installations thermiques alimentées au charbon) et d'oxydes d'azote (NO_x) (causées par la combustion) sont les principaux précurseurs acides. Ces composés sont transportés sur de grandes distances (des centaines et des milliers de kilomètres) et tombent sous forme d'acides dans des précipitations. En Nouvelle-Écosse, le principal agent acidifiant présent dans les précipitations est le sulfate.

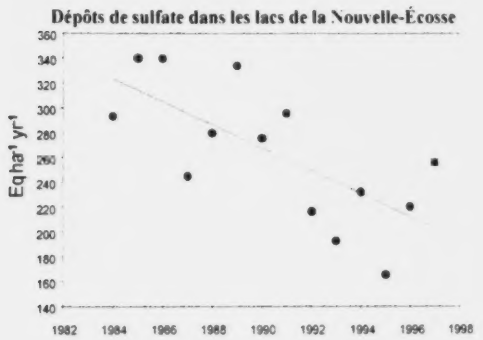
Les émissions nord-américaines de SO_2 ont augmenté pendant la révolution industrielle. Elles ont connu un pic au début des années 1970. À cause des inquiétudes entourant les effets sur la santé humaine et l'environnement, on a mis en œuvre des mesures de réduction des émissions.

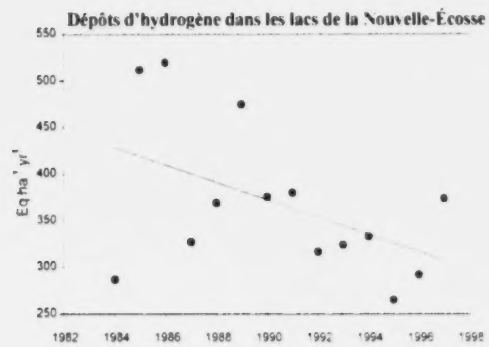


Environnement Canada mesure régulièrement les dépôts atmosphériques à partir de la station de surveillance du parc national Kejimkujik. Ces mesures sont représentatives des dépôts humides de sulfate dans des endroits relativement « propres » du sud de la Nouvelle-Écosse, c'est-à-dire à au moins 50 km de distance des importantes sources locales d'émissions de SO_2. Environ 60 % des dépôts humides de sulfate observés à cette station sont causés par les activités humaines de l'Amérique du Nord; les 40 % qui restent correspondent aux concentrations ambiantes. Parmi les 60 % de dépôts issus d'activités anthropiques, environ 75 % proviennent de sources américaines, et 25 %, de sources canadiennes.

Les mesures des niveaux de sulfate effectuées dans les rivières néo-écossaises montrent que les sources locales de SO_2 augmentent les dépôts totaux (humides et secs). Par exemple, le secteur industriel de Halifax constitue une importante source locale d'émissions, fait illustré par les concentrations moyennes élevées de sulfate observées entre 1982 et 1986 dans les rivières Nine Mile, Sackville et Salmon, voisines de la région métropolitaine de Halifax.

La réduction des émissions se manifeste par une baisse des dépôts humides de sulfate et des concentrations d'ions hydrogènes relevées à la station de surveillance du parc national Kejimkujik. Les dépôts anthropiques de sulfate ont diminué d'un tiers depuis le milieu des années 1980, ce qui a entraîné une forte baisse des dépôts de substances acidifiantes dans l'environnement de la Nouvelle-Écosse.





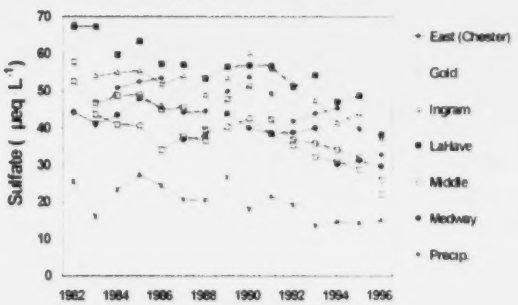
La diminution des dépôts de sulfate a également causé une baisse évidente et mesurable du niveau de sulfate dans les lacs. Des 64 lacs de la Nouvelle-Écosse, dispersés sur la péninsule et sur l'île du Cap-Breton et faisant partie du réseau de surveillance d'Environnement Canada, 54 présentent des diminutions mesurables du niveau de sulfate depuis le début de la décennie. Malheureusement, la baisse des dépôts d'hydrogène d'origine atmosphérique (H^+) n'a pas provoqué une diminution importante de l'acidité des lacs; en effet, seuls deux des lacs ont montré une diminution d'acidité. De plus, la réduction des dépôts acides ne se reflète pas dans le potentiel de neutralisation de l'acide (PNA), puisque l'état de six sites a empiré et que l'état de trois sites seulement s'est amélioré. Qui plus est, les concentrations de cations basiques (C_b) ayant la capacité de neutraliser les acides de 15 lacs ont baissé. Le calcium, élément essentiel de C_b, joue un rôle très important dans la survie du saumon.

Changements des variables de l'acidification 1989-1997

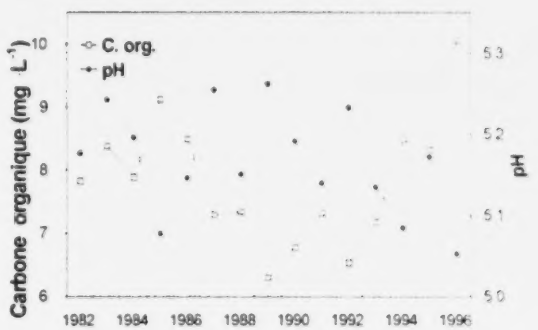
Variables	Hausse	Baisse	Aucun changement
SO_4^{2-}	0	54	10
H^+	9	2	53
PNA	3	6	55
C_b	1	15	48

Les données chimiques recueillies dans le cadre d'un programme de surveillance implanté dans six cours d'eau des hautes terres du Sud entre 1982 et 1996 ont également indiqué une baisse du niveau de sulfate. Cette baisse n'a toutefois pas entraîné l'augmentation du pH. Au contraire, le pH a diminué entre 1992 et 1996. On interprète l'importante corrélation négative entre le pH et le carbone organique dissous (COD) comme une indication d'un rapport de cause à effet.

Niveaux de sulfate



Niveaux du pH et du carbone organique dissous



Plusieurs raisons peuvent expliquer le manque de correspondance entre les baisses de sulfate et le pH dans la chimie des lacs et des cours d'eau. La première est l'importance des acides organiques naturels. Ces acides, produits par les milieux humides, peuvent à la fois acidifier les eaux et réduire la vitesse d'acidification par des acides anthropiques; ils sont des tampons naturels. En raison de cette propriété, les acides organiques peuvent retarder le rétablissement du pH.

La deuxième raison est que les bassins des hautes terres du Sud présentent des sols et des roches qui ne possèdent que de faibles quantités de minéraux tampons. Les sols de ces bassins sont probablement appauvris en minéraux tampons rapidement utilisables. Cela signifie que les réductions de dépôts acides ne peuvent pas facilement se traduire en améliorations du PNA ou des niveaux de calcium, faute de grandes quantités de ces substances qui seraient rapidement utilisables dans les sols à découvert.

Effets de la toxicité sur le saumon atlantique

Les cours d'eau acides néo-écossais présentent de faibles concentrations de Ca^{++} (≤ 1 mg. L^{-1}) et de fortes concentrations de carbone inorganique dissous (5-30 mg. L^{-1}) et d'aluminium total dissous (100-350 µg. L^{-1}). La matière organique dissoute, qui est illustrée par les mesures du COD total, est importante en raison de sa capacité de chélation ou de fixation aux formes ioniques d'aluminium pour former des complexes d'aluminium organique. L'aluminium organique est la forme dominante dans les cours d'eau de la Nouvelle-Écosse (moyenne de 88 %), et ses concentrations inorganiques se situent habituellement à <50 µg. L^{-1}. C'est la forme inorganique de l'aluminium qui est toxique pour les poissons. On a démontré que l'aluminium n'est pas responsable de la mortalité du saumon associée à l'acidification des cours d'eau de la Nouvelle-Écosse. Ce sont plutôt les concentrations accrues d'ions H^{+}, accompagnées de faibles concentrations de Ca^{++}, qui causent la mortalité du saumon dans les cours d'eau acidifiés de la Nouvelle-Écosse.

Chez les poissons, le site principal où a lieu la régulation ionique est l'épithélium des branchies. Dans les eaux douces, le gradient osmotique provoque par diffusion passive l'entrée de l'eau dans le sang et la sortie des ions. Les pertes passives d'ions sont contrées par l'absorption active de Na^{+} et de Cl^{-} contenus dans l'eau pour maintenir l'état d'équilibre. Lorsque le pH des cours d'eau est $\leq 5,0$, l'absorption active de Na^{+} et de Cl^{-} est réduite, et la sortie passive augmente, ce qui produit une perte nette des deux ions. L'augmentation de la sortie passive des ions est causée par le remplacement de Ca^{++} par H^{+} sur les sites de fixation de l'épithélium des branchies. La perte d'ions provoque un déplacement de l'eau des fluides extracellulaires (p. ex. le plasma) vers les fluides intracellulaires (p. ex. les cellules du muscle blanc) causant ainsi une baisse de la volémie. En outre, les globules rouges grossissent, et de nouvelles cellules sont produites par la rate. À cause de la volémie réduite, et de la taille et du nombre accrus de globules rouges, la viscosité sanguine et la pression artérielle doublent. La mort survient ensuite, causée par la défaillance du système circulatoire.

La mortalité due à une exposition à un faible pH dans les eaux douces varie selon le cycle de vie du saumon. Les stades d'eau douce ne sont pas affectés par les pH $\geq 5,4$. Les taux importants de mortalité des alevins (19-71 %) ont lieu quand le pH est d'environ 5,0. La mortalité des saumoneaux survient également à un pH de 5,0, mais le taux est

plus bas (1-5 %). La mortalité des tacons et des saumoneaux est relativement élevée (72-100%) quand le pH baisse à 4,6-4,7. La mortalité des œufs et des alevins ne survient que lorsque que le pH passe au-dessous de 4,8. On a également observé que les niveaux de pH ≤5,0 interfèrent avec la smoltification et l'adaptation à l'eau de mer.

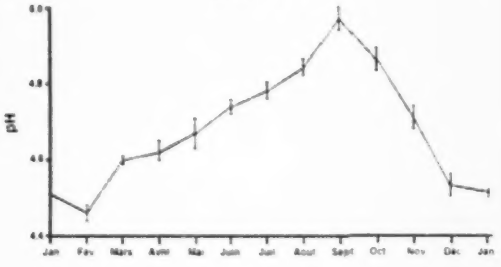
Des données expérimentales indiquent que la mortalité des différents stades du cycle de vie du saumon atlantique augmente avec l'acidité des eaux brunes faibles en calcium de la Nouvelle-Écosse.

Stade	pH	Ca^{++} (mg. L^{-1})	Mortalité (%)
Œuf	4,64	0,67	54,5
Œuf	4,92	0,85	22,2
Alevin vésiculé	4,50	3,0	30,0
Alevin vésiculé	5,10	3,0	2,0 – 5,0
Alevin vésiculé	5,00	0,70	5,0 – 8,5
Alevin	5,00	0,68	18,9 – 70,8
Alevin	5,40	1,00	4,6 – 4,9
Alevin	6,11	1,68	4,0
Tacon	4,60	1,02	100
Tacon	4,70	0,83	100
Tacon	5,00	0,79	0
Saumoneau	4,58	0,58	72,0
Saumoneau	5,00	0,58	1,3 – 5,3
Saumoneau	5,46	1,00	0

Selon une interprétation générale de ces données, c'est pendant le stade de l'œuf que le saumon est le moins sensible à l'acidité des eaux faibles en calcium. L'alevin vésiculé et le tacon sont un peu plus sensibles, tandis que le saumoneau et l'alevin sont les plus sensibles.

Il se produit une variation régulière du pH des cours d'eau au cours de l'année, comme le montrent les moyennes et les écarts-types provenant de données mensuelles recueillies pendant 10 ans dans le tronçon principal de la rivière Tusket. Le pH est faible pendant les mois de temps froid, augmente entre le printemps et l'automne, puis diminue de nouveau pour atteindre les faibles valeurs de l'hiver. Une telle variation est grandement associée au débit, car le pH est le plus haut et la toxicité correspondante des acides la plus faible pendant l'été, quand les écoulements sont généralement réduits.

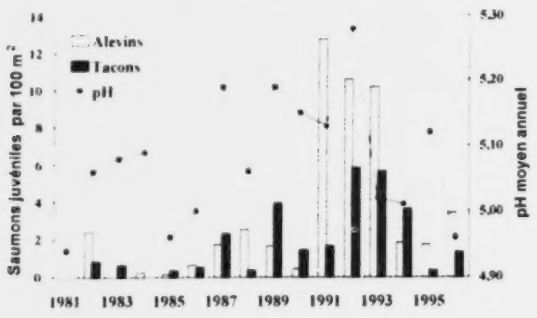
Moyenne mensuelle du pH – rivière Tusket 1965-1974



Effets sur les populations locales de saumons

Les densités changeantes des juvéniles dans cinq sites de pêche électrique, situés sur les rivières Middle, Ingram et Salmon (l. Echo), où le pH moyen approchait la toxicité aiguë (pH 5,0-5,4) pour le saumon atlantique, confirment un lien important entre le pH et les densités de saumons juvéniles.

pH et survie du saumon



On a classé les rivières selon leur pH. Avec un pH moyen annuel inférieur à 5,1, la production de saumon devient considérablement instable, et seuls des fragments de populations pourraient survivre. Selon les mesures prises au début des années 1980, le pH de 34 des 65 cours d'eau (54 %) des hautes terres du Sud a baissé au-dessous de 5,1. Quatorze de ces cours d'eau présentent un pH moyen annuel <4,7 (catégorie I), sont considérés comme acidifiés et sont reconnus pour avoir perdu leurs populations de saumons. Vingt cours d'eau ont un pH moyen annuel situé entre 4,7 et 5,0 (catégorie II), sont partiellement touchés par l'acidification et auraient encore quelques maigres populations de saumons.

Les cours d'eau ayant un pH de 5,1-5,4 (catégorie III) présentent encore des conditions dans lesquelles les saumons peuvent se reproduire naturellement, mais à un degré réduit. Ces cours d'eau ont généralement des affluents ou des sections où le pH est assez faible pour empêcher la reproduction naturelle. La reproduction du saumon n'est pas inhibée par l'acidité dans les cours d'eau au pH moyen annuel >5,4 (catégorie IV).

Cours d'eau classés selon le pH moyen observé au début des années 1980

Catégorie 1 < 4,7	Catégorie 2 4,7 - 5,1	Catégorie 3 5,1 - 5,4	Catégorie 4 > 5,4
Argyle	* Bear	Annis	Belliveau
Barrington	Cole Harbour	Chezzetcook	Boudreau
Broad	East (Chester)	Gaspereau Bk	Gegogan
Clyde	East (Sheet Hbr)	Gold	Country Hbr
Indian, Guys. Co.	East (St. Margarets)	Kirby	Ecum Secum
Jordan	*Indian (Halifax Co)	LaHave	* Meteghan
Larrys	Ingram	Medway	Indian Hbr
Nine Mile	Isaacs Harbour	Moser	Mushamush
Patterson	Liscomb	New Harbour	Musquodoboit
Pennant	Little East	Round Hill	Petite
Roseway	Martins	Sackville	Quoddy
Sable	* Mersey	Salmon (Digby)	Ship Harbour
Tidney	Middle	Salmon (Jeddore)	St. Mary's
East, Shelb. Co.	* Nictaux	Salmon (Dufferin)	
	Salmon (l. Echo)	Taylor Bay Bk	
	Salmon (l. Major)	Necum Teuch	
	* Sissiboo		
	Tangier		
	Tusket		
	West (Sheet Harbour)		

* L'habitat du saumon n'est pas accessible à cause de barrages ou de chutes infranchissables.

Les mesures les plus récentes indiquent que la toxicité du pH dans les cours d'eau des hautes terres du Sud n'a pas diminué et aurait même augmenté, particulièrement dans certains cours d'eau dont le pH moyen annuel approche 5,0 (p. ex. dans les rivières Middle, Ingram, Salmon (l. Echo) et Liscomb).

On a fondé les prévisions de la présence actuelle de populations dans 47 cours d'eau des hautes terres du Sud sur la modélisation de l'utilisation optimale de l'habitat par les tacons, le pH et la survie en mer. La modélisation prenait en considération les éléments suivants : habitat des cours d'eau quantifié selon le gradient, pH moyen annuel, taux de survie entre les différents stades du cycle de vie en eau douce, taille dépendante de la densité et longueur critique pour la transformation du tacon en saumoneau. On a basé les calculs du

recrutement des adultes sur des prévisions de 5 et 10 % du taux de survie en mer.

Selon les résultats de la modélisation, 55 % des stocks de saumon des cours d'eau des hautes terres du Sud auraient déjà disparu. 36 % d'entre eux seraient menacés de disparition (moins de trois recrues par géniteur) et seulement 8 % des cours d'eau auraient la capacité d'abriter des populations de saumons présentant un taux de survie en mer de 10 % (voir le tableau 1 à la fin du document).

Pour 29 des 47 cours d'eau, on possède des renseignements recueillis par la pêche électrique depuis 1986. Sur ce nombre, les saumons atlantiques juvéniles étaient présents dans 17 cours d'eau et absents dans 12 autres. Parmi les 38 cours d'eau non examinés qui restent, certains abritent encore des populations autonomes de saumons sauvages, comme cela le démontrent les prises de la pêche à la ligne en l'absence d'ensemencement. Selon les conditions du pH, d'autres cours d'eau pourraient également contenir des vestiges de populations.

Le modèle a classé les populations des rivières Tusket, Middle, Ingram, Sackville, Salmon (l. Echo) et West (Sheet Harbour) comme disparues, mais la pêche électrique a indiqué la présence de saumons juvéniles. De telles discordances sont sûrement dues à l'utilisation, dans le modèle, du pH du cours principal. Le pH du cours principal ne rend pas compte des endroits qui peuvent être non toxiques pour le saumon. Par exemple, on sait que la rivière Carleton, affluent de la rivière Tusket, présente un pH plus élevé que le bras est de la Tusket. De même, les rivières West (Sheet Harbour) et Salmon (l. Echo) ont des affluents présentant un pH supérieur au leur. La rivière Sackville connaît par ailleurs des retours importants de saumons d'écloserie qui contribuent à l'échappée de géniteurs.

Selon les prévisions basées sur un taux de 5 % de survie en mer, 85 % des 47 stocks des rivières surveillées des hautes terres du Sud ont disparu ou vont disparaître (voir le tableau 1). Cette prévision serait même optimiste vu que les retours de saumons sauvages dans la rivière LaHave sont de moins de 5 % ces trois dernières années. Cette analyse permet de croire que, si la survie en mer reste faible, d'autres rivières partiellement acidifiées perdront probablement leurs populations de saumons.

Autres effets

Conditions hydrologiques

Selon les registres des précipitations de 1961-1998 de l'aéroport de Halifax, les précipitations annuelles ne présentaient pas de tendance marquée, bien que les années 1990 aient connu les précipitations décennales les plus faibles de la série chronologique (8 % plus bas que la moyenne à long terme). Parallèlement, on n'a détecté aucune tendance temporelle importante du débit moyen annuel des rivières LaHave et St. Mary's pendant la période 1916-1998. Les débits annuels des deux rivières dans les années 1990 étaient cependant plus faibles que ceux des années 1970, mais ne différaient pas de ceux des décennies antérieures. Il n'y a aucune tendance temporelle significative des moyennes saisonnières (hiver, printemps, été et automne) pour ces deux rivières. Les étiages étaient plus fréquents dans les années 1990, mais moins importants que par le passé, surtout dans la rivière LaHave.

Les températures de l'air observées à l'aéroport de Halifax entre 1961 et 1998 ont

été analysées en tant qu'indicateurs des températures de l'eau des hautes terres du Sud. On n'a pas détecté de tendance de la température moyenne annuelle de l'air. Toutefois, sur une base saisonnière, d'importantes tendances linéaires positives ont été notées au printemps ($p<0,005$) et à l'été ($p<0,04$). Les augmentations des températures printanières moyennes étaient de l'ordre de 0,4 °C par décennie. Les températures estivales ont, quant à elles, augmenté de 0,2 °C par décennie.

Les conditions hydrologiques ne semblent pas s'être détériorées de façon significative et, par conséquent, ne constituent probablement pas un facteur important de la diminution des retours vers les cours d'eau des hautes terres du Sud. La plus grande fréquence des étiages ainsi que le temps doux des printemps et des étés des années 1990 doivent toutefois être considérés comme facteurs potentiels d'accroissement du stress dans l'habitat du saumon sauvage.

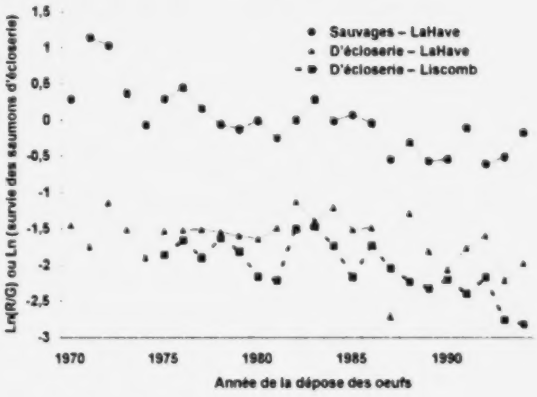
Survie en mer

La baisse du taux de survie en mer des saumoneaux pourrait expliquer en partie la baisse générale du recrutement du saumon atlantique. Les taux de survie des saumoneaux sauvages, qui dépassaient 10 % dans la rivière LaHave à la fin des années 50, n'atteignent même pas 5 % maintenant.

Malgré la fermeture presque complète des pêches du saumon en mer (pêche d'interception au large et pêche locale), la survie des saumoneaux sauvages de toute l'Amérique du Nord est à la baisse. Depuis 1987, le taux de survie est passé de 6-15 % dans les cours d'eau de Terre-Neuve, et de 8-10 % dans ceux des Maritimes, à 1-8 % dans les deux régions.

La baisse du recrutement de saumons sauvages s'accompagne d'une baisse de la survie en mer des saumoneaux d'écloserie. Ce fait est confirmé par les courbes illustrant le logarithme naturel (Ln) du nombre de recrues par géniteur (R/G) pour le saumon atlantique en amont des chutes Morgans, de 1970 à 1994. Le Ln (proportion de survie) des saumoneaux d'écloserie ensemencés en amont des chutes Morgans dans la rivière LaHave et dans la rivière Liscomb, de 1975 à 1994, montre une tendance semblable de l'indice de recrutement de saumons sauvages.

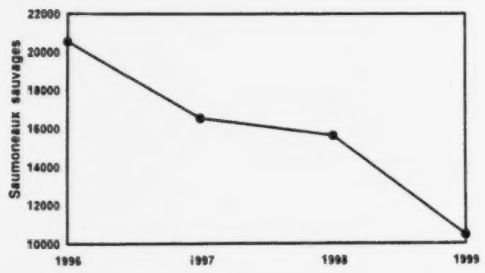
Tendances de survie– saumons d'écloserie et sauvages



Survie en eau douce

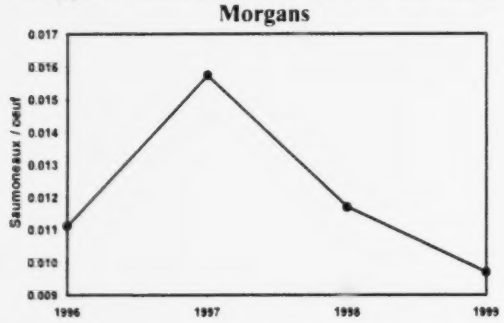
La diminution des échappées de géniteurs a été suivie par une baisse de la production de saumoneaux en amont des chutes Morgans dans la rivière LaHave. On présume qu'une diminution semblable de la production de saumoneaux a lieu dans tous les cours d'eau qui produisent encore du saumon dans les hautes terres du Sud.

Saumoneaux en amont des chutes Morgans



Le taux de survie de 1,0-1,6 % de l'œuf au saumoneau, en amont des chutes Morgans au cours des années 1990, se situe dans la fourchette de valeurs (mais la portion inférieure) rapportées entre 1962 et 1998 pour les cours d'eau du Maine, du Canada atlantique et de l'Irlande. La baisse de la production de saumoneaux ne serait donc pas le résultat de la baisse de la survie de l'œuf au saumoneau.

Rapport saumoneaux/œuf en amont des chutes Morgans



Puisque la survie de l'œuf au saumoneau dans la rivière LaHave, cours d'eau peu acidifié, correspond aux valeurs observées en dehors des hautes terres du Sud, il est peu probable que des facteurs autres que les pluies acides et la survie en mer aient des effets importants sur les récentes réductions de la production dans les hautes terres du Sud.

Pronostic de rétablissement

Habitat

On ne prévoit pas de réduction importante de l'acidification des cours d'eau des hautes terres du Sud dans un proche avenir. À mesure que les retombées diminueront, le rétablissement de niveaux acceptables d'acidité et de calcium se fera lentement. Dans de nombreux cours d'eau, on prévoit un lent rétablissement à cause de l'effet tampon qu'ont les acides organiques naturels sur les changements d'acidité et des faibles teneurs en minéraux tampons des sols et de l'assise rocheuse. Le retour à un pH équivalent à celui d'avant l'acidification est tributaire de fortes réductions des émissions, et ne surviendra pas avant plusieurs décennies.

Production de saumon

Cours d'eau peu ou non acidifiés (pH > 5,1)

Une analyse basée sur la modélisation de l'utilisation optimale de l'habitat des tacons, le pH et la survie en mer indique que la persistance du saumon dans les cours d'eau des hautes terres du Sud dépendra autant de la tendance de la survie en mer que du pH. La production de saumoneaux en amont des chutes Morgans, entre 1996 et 1999, atteignait une moyenne de 15,1 saumoneaux par géniteur (étendue : 9,0-17,8). Une production de 17,8 saumoneaux par géniteur nécessite un taux de survie de 5,6 % entre le stade de saumoneau et le stade d'adulte pour garantir le remplacement de la population. La survie doit augmenter pour que la population s'accroisse.

La survie du saumoneau à la recrue mesurée aux chutes Morgan était de 1,7 % pour la classe de saumoneaux de 1996 et de 4,8% pour la classe de 1997. Ces deux taux sont

inférieurs au seuil de remplacement établi pour la rivière LaHave. Selon cet indice, les cours d'eau peu ou non acidifiés, semblables à la rivière LaHave et ayant une productivité inférieure à 20 saumoneaux par géniteur, vont vraisemblablement subir des déclins de populations. Le niveau de productivité de la plupart des cours d'eau (voire de tous les cours d'eau) des hautes terres du Sud est inférieur à ce seuil. Toutefois, des analyses ont également indiqué que ces cours d'eau, qui sont peut-être au nombre de sept, ne perdront sans doute pas la totalité de leurs populations de saumons.

Cours d'eau partiellement acidifiés (pH 4,7-5,1)

La perte de productivité associée aux effets de la toxicité du pH dans les cours d'eau partiellement acidifiés accroît le risque de disparition des populations. Des analyses indiquent que la production de saumons sauvages disparaîtra dans la plupart ou la totalité des 21 cours d'eau de cette catégorie si le taux de survie en mer demeure au-dessous de 6 % et (ou) si l'acidité ne diminue pas. Une exception serait la rivière Tusket dont l'affluent, la rivière Carleton, n'est généralement pas acide.

Cours d'eau acidifiés (pH <4,7)

On ne prévoit pas que les cours d'eau de cette catégorie puissent assurer la production de saumon atlantique, à moins que des améliorations importantes du pH ne soient réalisées.

Considérations de gestion

Réductions des émissions

En octobre 1998, 26 ministres fédéraux, provinciaux et territoriaux de l'Environnement et de l'Énergie ont approuvé la *Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000*. Les engagements pris dans le cadre de la Stratégie doivent amener une réduction des dépôts de sulfate en Nouvelle-Écosse. Pour y parvenir, on s'efforcera de réduire les émissions de SO_2 provenant de régions stratégiques des États-Unis et à établir des cibles et des échéanciers pour obtenir des réductions supplémentaires des limites d'émission de SO_2 provenant de l'Ontario, du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse.

Des analyses sur l'efficacité des programmes canadiens et américains de lutte contre les émissions de SO_2 sont décrites dans le *Rapport canadien d'évaluation de 1990 sur le transport à distance des polluants atmosphériques et sur les dépôts acides*. Ces analyses prévoient d'importantes améliorations des caractéristiques chimiques et biotiques des lacs ontariens et québécois; et une petite amélioration des conditions aquatiques dans les zones fragiles du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et du sud de Terre-Neuve. L'évaluation effectuée en 1990 a produit une première carte des valeurs des charges critiques pour les dépôts humides de sulfate, qui ont pour but de maintenir un pH ≥6,0 dans au moins 95 % des lacs de la région.

Une évaluation menée en 1997 a conclu que les programmes de lutte en vigueur ne vont pas assez loin pour protéger les nombreux écosystèmes fragiles, surtout dans l'est du Canada (du Manitoba vers l'est). Malgré la mise en œuvre intégrale du programme adopté par les États-Unis d'ici 2010, les écosystèmes fragiles de près de 800 000 km^2 du sud-est du Canada continueront à recevoir des quantités dangereuses de dépôts acides, c'est-à-dire des niveaux dépassant les seuils environnementaux ou les « charges critiques ». Une autre réduction de 75 % des

limites d'émission de SO_2 provenant du sud-est du Canada, et du nord-est et du Midwest des États-Unis sera nécessaire pour réduire les dépôts au-dessous des charges critiques du sulfate humide et permettre le rétablissement de l'habitat des poissons.

En juin 1998, les provinces de l'est du Canada et les gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre ont adopté un plan de travail faisant appel à des réductions nationales supplémentaires de 50 % des émissions de dioxyde de soufre et de 20-30 % des émissions d'oxydes d'azote par rapport aux niveaux qu'ils s'étaient engagés à respecter. Comme premier pas, le Québec s'est déjà engagé à réduire ses émissions de SO_2 de 40 % au-dessous de ses limites actuelles d'ici 2002.

Chaulage des eaux acidifiées

L'habitat des eaux douces peut être protégé de l'acidification par l'ajout de substances alcalines dans l'eau. La substance neutralisante habituellement utilisée est le calcaire, composé en grande partie de carbonate de calcium (calcite), de carbonate de magnésium (dolomite) et de quelques impuretés. D'autres composés existent, mais sont moins économiques et parfois dangereux pour la santé. Pour un traitement efficace, la libération de la chaux doit être proportionnelle au débit et à l'acidité de l'eau à neutraliser. Habituellement, la chaux est épandue sur la surface d'un lac ou introduite dans un cours d'eau au moyen de doseurs stationnaires de chaux de différents types.

De nombreuses substances neutralisantes sont des composés de calcium, de sorte que le chaulage des eaux fera augmenter les concentrations de cet élément. Le calcium améliore la tolérance des poissons à l'acidité; c'est pourquoi l'emploi de composés calciques peut présenter un avantage supplémentaire, en plus des effets du chaulage sur le pH de l'eau. Les concentrations des métaux dissous chutent habituellement après que le pH a été ajusté par le chaulage. Les composés utilisables pour le chaulage diffèrent par le pouvoir neutralisant théorique, la solubilité dans l'eau, la facilité d'utilisation, la sécurité de la manipulation et les coûts.

En Nouvelle-Écosse, tous les projets de chaulage nécessitent un permis d'altération des cours d'eau, délivré par le ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse. Les projets de chaulage menés ou financés par le gouvernement fédéral sont également soumis à la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*.

Chaulage des lacs

On peut chauler les lacs pour protéger l'habitat du saumon des cours d'eau d'aval. Les méthodes d'application doivent être adaptées au site et aux conditions spécifiques. Une portion (40-70 %) du calcaire se dépose au fond et ne prend que faiblement part à la neutralisation. La taille des particules influe sur l'efficacité de la dissolution; la chaux utilisée doit donc être aussi fine que possible afin de garantir une dissolution maximale. Dissoudre la chaux dans de l'eau pour l'épandre ensuite sous forme de bouillie réduit également les pertes vers les sédiments.

La stratification thermique hivernale des lacs peut réduire l'efficacité du chaulage. Les eaux de ruissellement acides pénètrent le lac à 0° C pendant l'hiver et forment une couche d'eau peu profonde hautement acide sur la surface du lac. L'eau chaulée sous-jacente à cette surface ne contribue que très peu au débit sortant du lac. De plus, l'eau qui s'écoule à l'émissaire du lac peut être

constituée d'eau de pluie acide pratiquement non altérée. Effectuer le chaulage en hiver sur la glace peut éviter ce problème. Bien que l'utilisation du calcaire pour chauler en hiver soit moins efficace, cette pratique demeure relativement peu coûteuse à d'autres points de vue, et permet de traiter la surface des lacs juste avant l'écoulement printanier et le début du stade d'alevin nageant. On doit répéter le chaulage au moins une fois par année dans la plupart des lacs de la Nouvelle-Écosse en raison de la brièveté du temps de séjour de l'eau.

Bancs de gravier calcaire

L'emploi de gravier calcaire dans les cours d'eau est efficace lorsque le courant est faible, mais l'est beaucoup moins quand le courant est fort. Le pH moyen de l'eau interstitielle dans les bancs de gravier est supérieur à celui de la colonne d'eau. Cela peut réduire les mortalités associées à l'acidité pendant l'incubation et les premiers stades d'alevin, mais non après la sortie du gravier. Le gravier de calcaire perd son efficacité dès qu'il est recouvert de composés hydroxydes. De plus, le banc de gravier peut s'éroder avec le temps. De grandes quantités de gravier calcaire sont nécessaires pour prévenir les épisodes de forte acidité lorsque le courant est fort, et la température, basse.

Tambours tournants

Le culbutage du gravier calcaire dans des cylindres rotatifs abrase le gravier et prévient le recouvrement et l'inactivation. On a testé un système qui utilise la force hydraulique pour faire tourner le tambour contenant du gravier calcaire. Les granulats calcaires sont placés dans un cylindre de métal perforé qui tourne autour du moyeu. Ce système n'a pas besoin d'une source externe d'énergie électrique, mais la hauteur de chute doit être au moins égale au diamètre du tambour. Les variations du débit peuvent être compensées en installant des tambours multiples qui se mettent à tourner successivement à mesure que le courant augmente.

Doseurs de chaux (silos)

Les doseurs de chaux déversent de la chaux en poudre dans l'eau courante à partir d'un silo vertical ou d'un autre conteneur. Un mécanisme automatique verse la poudre dans le cours d'eau à un taux déterminé et proportionnel au débit.

Puits de dérivation

Le puits de dérivation est un dispositif simple de chaulage dans lequel des morceaux de calcaire sont gardés en mouvement dans un cylindre sous l'effet de la remontée d'eau. L'agitation abrase les particules et empêche les surfaces d'être enduites d'hydroxydes métalliques. Des puits multiples fonctionnant à des débits de plus en plus élevés peuvent compenser les variations du courant.

Écloseries

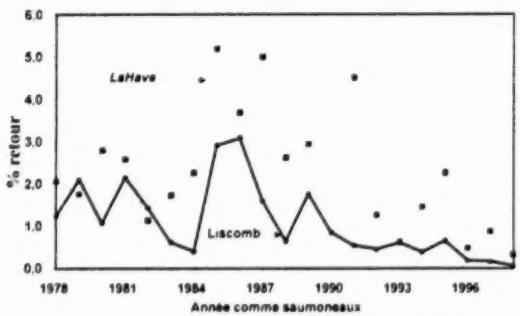
On peut efficacement utiliser les saumons d'écloserie pour compléter ou remplacer la production naturelle. Les options sont diverses : on peut, entre autres, coloniser des habitats vacants, atténuer la perte de production d'habitat pour un stade précis, ou effectuer des ensemencements en saumoneaux pour soutenir la pêche.

Comme dans le cas de la production naturelle, les options d'ensemencement avec les stocks d'écloserie est limitée à cause de l'acidification. Le stade de saumoneau est potentiellement le stade le plus efficace, car il ne passe que peu de temps en eau douce après l'ensemencement. L'ensemencement

en pré-saumoneau dans les eaux au pH <5,0 n'est généralement pas efficace.

Parmi les récentes préoccupations, on note le taux de retour exceptionnellement bas des saumoneaux libérés dans les cours d'eau partiellement acidifiés, notamment dans les rivières Liscomb et East (Sheet Harbour). Les taux de retour des saumoneaux libérés dans ces rivières semblent également avoir diminué davantage que ceux des saumoneaux ensemencés dans les rivières peu touchées par l'acidification telles que LaHave. Il est essentiel de trouver la cause du faible rendement des saumoneaux d'écloserie récemment observé dans les cours d'eau partiellement acidifiés pour garantir l'efficacité des prochains ensemencements en saumons d'écloserie dans ces types de cours d'eau.

Taux de retour des unibermarins d'écloserie



L'ensemencement des sections d'amont des cours d'eau, où les niveaux du pH sont acceptables, peut ne pas être efficace si les saumoneaux qui en sont issus doivent parcourir un long tronçon acidifié. Par ailleurs, effectuer l'ensemencement en aval ou dans un estuaire réduirait ces effets, mais le nombre de saumons revenant au cours d'eau pourrait être réduit, et la possibilité qu'ils se retrouvent dans les cours d'eau voisins serait accrue.

Si l'on choisit l'option de l'ensemencement, une planification méticuleuse du programme est nécessaire pour minimiser les risques d'effets génétiques dangereux sur les stocks sauvages et garantir l'efficacité de l'intervention. L'utilisation de stocks indigènes est préconisée.

Banques de gènes

Les banques de gènes soutiennent l'alevinage et la reproduction et permettent ainsi le maintien d'une bonne diversité génétique même pendant les périodes de très faible abondance. Elles offrent la possibilité de préserver les stocks qui risquent de disparaître. Il existe au moins trois façons de stocker des gènes à l'état vivant, qui peuvent être appliquées au saumon des hautes terres du Sud :

- Désigner comme refuges spéciaux des parties de cours d'eau ou l'ensemble de cours d'eau ayant encore des populations se reproduisant naturellement.
- Chauler des sections de cours d'eau acidifiés pour constituer des aires où les stocks subsistants pourraient demeurer viables.
- Etablir un réseau de géniteurs captifs issus des stocks sauvages désignés pour la protection.

La désignation d'aires d'habitat existant est le meilleur choix, mais n'est pas toujours possible, car les remontes résiduelles de saumons peuvent être trop petits et (ou) l'habitat d'eau douce est limitant, probablement à cause de l'acidification. Pour assurer une grande diversité génétique, l'utilisation de tacons sauvages pour former un réseau de géniteurs est une méthode éprouvée et offre probablement une meilleure efficacité que la collecte d'œufs à partir des retours de saumons adultes.

Mesures de contrôle des prélèvements

Les restrictions sur les captures sont encore un moyen efficace pour limiter les pertes dues à l'exploitation.

Actuellement, il n'y a pratiquement aucune possibilité de pêcher le saumon atlantique dans les hautes terres du Sud. La pêche commerciale au saumon est fermée depuis 1984. De plus, depuis 1983, on ne permet pas les captures accessoires de saumons par les autres pêches maritimes de la région. Depuis 1985, la pêche sportive doit obligatoirement libérer tout saumon mesurant plus de 63 cm et respecter des limites saisonnières, quotidiennes et annuelles. La rétention des grilses (≤63 cm) s'applique maintenant seulement aux cours d'eau faisant l'objet de mise en valeur par ensemencement en saumons d'écloserie ainsi qu'à ceux où les retours devraient atteindre ou dépasser les impératifs de conservation. La pêche sportive avec remise à l'eau est fermée lorsque des évaluations en cours de saison indiquent que les impératifs de conservation ne seront probablement pas atteints.

On négocie actuellement avec les Premières nations, par l'entremise d'ententes générales sur la gestion des captures avec la Commission Netukulimkewe'l du Native Council of Nova Scotia, en ce qui a trait à la pêche autochtone dans des cours d'eau précis. Dans les cours d'eau où des impératifs de conservation sont définis, la pêche autochtone fait l'objet d'évaluations et de mesures de gestion en cours de saison. Les captures ont toujours été inférieures aux allocations.

Recommandations

La priorité doit être de soutenir le Canada dans ses négociations pour obtenir une réduction supplémentaire de 75 % des limites d'émission de sulfate provenant de l'est du Canada et des États-Unis afin de faciliter le rétablissement du saumon des hautes terres du Sud.

À l'échelle locale, il est urgent d'élaborer un plan de rétablissement du saumon des hautes terres, tant pour prévenir les futures pertes de stocks que pour accélérer leur rétablissement. Certains des nombreux éléments à considérer dans ce plan sont :

- un relevé visant à caractériser génétiquement les stocks et à confirmer leur état.
- un relevé des caractéristiques chimiques de l'eau pour confirmer la capacité de production de l'habitat.
- des recherches complémentaires sur l'application des techniques de chaulage et des pratiques d'ensemencement comme mesures d'atténuation, ainsi que sur les seuils de mortalité liée au pH pour les divers stades de vie du saumon; et
- des mesures de gestion qui préviennent la disparition des stocks et contribuent à la restauration des stocks.

Pour obtenir de plus amples renseignements

Communiquez avec : John Ritter
Ministère des Pêches et des Océans
Régions des Maritimes
Direction des sciences
Institut océanographique de Bedford
1 Challenger Drive
430 édifice Polaris
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
B2Y 4A2
Tél. : 902-426-3136
Fax : 902-426-6814
Courriel :
RitterJA@mar.dfo-mpo.gc.ca

Références

Amiro, P.G. 2000. Assessment of the status, vulnerability and prognosis for Atlantic salmon stocks of the Southern Upland of Nova Scotia. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/062.

Amiro, P.G. and M.W. Jones. 2000. Genetic characterization of the Atlantic salmon stocks of the Southern Upland area of Nova Scotia. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/053.

Amiro, P.G., D.A. Longard and E.M. Jefferson. 2000. Assessments of Atlantic salmon stocks of Salmon Fishing Area 20 and 21, the Southern Upland of Nova Scotia, for 1999. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/009.

Anon. 1998. *Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000 : Stratégie et document de référence*. Préparé par le Groupe de travail des ministres fédéraux, provinciaux et territoriaux de l'énergie et de l'environnement. 11 p.

Anon. 1999. Rapport d'étape annuel 1999 concernant la *Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000*. Préparé par le Groupe de travail des ministres fédéraux, provinciaux et territoriaux de l'énergie et de l'environnement. 12 p.

Cassie, D. 2000. Precipitation, discharge and temperature variability in Atlantic salmon rivers in acid rain Southern Upland Area of Nova Scotia. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/054.

Clair, T.A., J.M. Ehrman, C-U. Ro. 2000. Freshwater chemistry acidification trends in sensitive Nova Scotia lakes: 1983-1997. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/055.

Cunjak, R.A., and J. Therrien. 1998. Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Fish. Manage. Ecol. 5, 209-223.

Farmer, G.J. 2000. Effects of low environmental pH on Atlantic salmon in Nova Scotia. 2000. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/050.

Fenech, G. [Président], J. Dupont, M. Hingston, R. Hughes, K.R. Foster, et P.K. Misra. 2000. Examen des programmes canadiens de recherche sur les précipitations acides – rapport préparé aux termes de la *Stratégie pancanadienne sur les émissions acidifiantes après l'an 2000*, 56 p.

Goff, T.R., L. Anderson, S. Ratelle, and D. Sutherland. 2000. A review of hatchery practices appropriate for mitigating Atlantic salmon losses in acid-impacted rivers. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/056.

MPO. 2000. Stocks de saumon atlantique des provinces Maritimes : Vue d'ensemble (1999). MPO – Sciences. Rapport sur l'état des stocks D3-14 (2000).

Watt, W. D. 1981. Present and potential effects of acid precipitation on the Atlantic salmon of eastern Canada. pp 39-45 *In* Acid rain and the Atlantic salmon. IASF Special Publication #10.

Watt, W.D., C.D. Scott, P.J. Zamora and W.J. White. 2000. Acid toxicity levels in Nova Scotian rivers have not declined in synchrony with the decline in sulfate levels. Water, Air, and Soil Pollution. 118: 203-229.

White, W. 2000. A review of the effectiveness and feasibility of alternate liming techniques to mitigate for acid rain effects in Nova Scotia. MPO – Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 2000/057.

On peut se procurer des exemplaires du rapport à l'adresse suivante :

Provinces des Maritimes
Processus consultatif régional
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 1006, succursale B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
B2Y 4A2 Canada
Téléphone : 902-426-7070
Courriel : myrav@mar.dfo-mpo.gc.ca

English version is available on request at the above address.

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2000. Effets des pluies acides sur le saumon atlantique des hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse. MPO – Région des Maritimes. Rapport sur l'état de l'habitat 2000/2F.

Tableau 1. Aire de production du saumon, catégories de pH, historique de l'ensemencement depuis 1986, captures enregistrées de saumons en 1996, présence détectée ou absence du saumon depuis 1986, et pronostic de l'état à des taux de 10 % et de 5 % de survie en mer, dans les cours d'eau qui drainent les hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse. Les catégories de pH sont : 1 - pH < 4,7; 2 - pH 4,7-5,1; 3 - pH 5,1-5,4; et 4 - pH >5,4.

Numéro de la rivière	Nom de la rivière	Aire de production du saumon Unités de 100 m²	Catégorie de pH	Historique de l'ensemencement	Captures sportives, 1996		Présence du saumon depuis 1986	Pronostic	
					Grilses	Grands		à 10 % de survie en mer	à 5 % de survie en mer
1	Nictaux		2	Indigène					
2	Round Hill		3	Aucun					
3	Bear		2	Local					
4	Sissibo		2	Aucun					
5	Beliveau		4	Aucun					
6	Boudreau		4	Aucun					
7	Meteghan		4	Local	12	5			
8	Salmon (Digby)	9 797	3	Local	94	44	Présent	En péril	Disparu
9	Annis		3	Aucun					
10	Tusket	150 780	2	Local	133	55	Présent	Disparu	Disparu
11	Argyle		1	Aucun					
12	Barrington	8 877	1	Aucun			Absent	Disparu	Disparu
13	Clyde	55 348	1	Local	46	14		Disparu	Disparu
14	Roseway	33 012	1	Aucun			Absent	Disparu	Disparu
15	Jordan	29 206	1	Local	0	0	Absent	Disparu	Disparu
16	East		1	Aucun					
17	Sable	9 198	1	Aucun				Disparu	Disparu
18	Tidney		1	Aucun					
19	Mersey		2	Local	5	0			
20	Medway	99 174	3	Local	490	88	Présent	En péril	Disparu
21	Petite	7 174	4	Local	126	16	Présent	En péril	Disparu
22	LaHave	75 046	3	Local	1 514	327	Présent	En péril	En péril
23	Mushamush	2 743	4	Local	20	2		Viable	En péril
24	Martins	8 334	2	Local				Disparu	Disparu
25	Gold	21 962	3	Indigène	188	71	Présent	En péril	Disparu
26	Middle	12 290	2	Local	14	0	Présent	Disparu	Disparu
27	East (Chester)	4 598	2	Aucun	1	2	Absent	Disparu	Disparu
28	Little East		2	Aucun					
29	Ingram	5 701	2	Local	7	0	Présent	Disparu	Disparu
30	Indian		2	Aucun					
31	East		2	Aucun					
32	Nine Mile	5 569	1	Aucun				Disparu	Disparu
33	Pennent		1	Aucun					
34	Sackville	6 772	3	Local	140	14	Présent	Disparu	Disparu
35	Salmon (L Major)	750	2	Aucun				Disparu	Disparu
36	Salmon (L Echo)	7 493	2	Aucun			Présent	Disparu	Disparu
37	West Bk Porters	1 185		Aucun				Disparu	Disparu
38	East Bk Porters	2 394		Aucun				Disparu	Disparu
39	Chezzetcook	1 757	3	Aucun				En péril	Disparu
40	Musquodoboit	23 125	4	Indigène	209	116	Présent	Viable	En péril
41	Salmon (Hfx)	2 834	2	Aucun				En péril	Disparu
42	Ship Harbour	20 518	4	Aucun	1	0		En péril	En péril
43	Tangier	22 717	2	Local			Absent	Disparu	Disparu
44	E Taylor Bay	260	3	Aucun				Disparu	Disparu
45	W Taylor Bay	1 300	3	Aucun			Absent	Disparu	Disparu
46	Little West	4 087		Aucun					
47	West (Sh Hbr)	20 079	2	Local	20	1	Présent	Disparu	Disparu
48	East (Sh Hbr)	30 501	2	Local	34	0	Présent	En péril	Disparu
49	Kirby	1 604	3	Aucun				En péril	Disparu
50	Salmon (P D)	7 954	3	Aucun			Présent	En péril	Disparu

Tableau 1. Aire de production du saumon, catégories de pH, historique de l'ensemencement depuis 1986, captures enregistrées de saumons en 1996, présence détectée ou absence du saumon depuis 1986, et pronostic de l'état à des taux de 10 % et de 5 % de survie en mer, dans les cours d'eau qui drainent les hautes terres du Sud de la Nouvelle-Écosse. Les catégories de pH sont : 1 - pH < 4,7; 2 - pH 4,7-5,1; 3 - pH 5,1-5,4; et 4 - pH >5,4.

Numéro de la rivière	Nom de la rivière	Aire de production du saumon Unités de 100 m²	Catégorie de pH	Historique de l'ensemencement	Captures sportives, 1996		Présence de saumons depuis 1986	Pronostic à 10 % de survie en mer	Pronostic à 5 % de survie en mer
					Grilses	Grands			
51	Quoddy	6 849	4	Aucun				En péril	Disparu
52	Moser	15 270	3	Local	35	0	Absent	En péril	Disparu
53	Smith	1 055		Aucun				En péril	En péril
54	Ecum Secum	9 894	4	Aucun	27	5	Présent	En péril	Disparu
55	Liscomb	34 960	2	Local	1	0	Absent	Disparu	Disparu
56	Gaspereau Bk	2 826	3	Aucun			Absent	En péril	Disparu
57	Gegogan	382	4	Aucun			Absent	En péril	Disparu
58	St Marys	58 717	4	Indigène	596	177	Présent	Viable	En péril
59	Indian Harbour Lakes		4	Aucun					
60	Indian	9 743	1	Aucun	4	4		En péril	Disparu
61	Country Harbour	3 457	4	Aucun	4	5	Présent	Viable	En péril
62	Issacs Harbour	2 469	2	Aucun	0	0	Absent	Disparu	Disparu
63	New Harbour	3 148	3	Aucun	1	0	Absent	Disparu	Disparu
64	Larrys	2 632	1	Aucun			Absent	Disparu	Disparu
65	Cole Harbour	2 730	2	Aucun	0	0		Disparu	Disparu